DIS COMMENT ÇA MARCHE ?

LA NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE DE LA JEUNESSE

300 QUESTIONS / 300 RÉPONSES

HACHETTE Jeunesse

GREG
HUGO
ALBAN

Dis, comment ça marche?

LA NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE DE LA JEUNESSE

Dis, comment ça marche?

Textes français de :
Daniel Alibert-Kouraguine
Jean-Jacques Barloy
Pierre Kohler

HACHETTE

Auteurs

Neil Ardley
Mark Lambert
James Muirden
Christopher Pick
Jill Wright

Illustrateurs

Dave Etchell & .John .Ridyard
Ron Jobson/Tudor Art Agency
Bernard Robinson/Tudor Art Agency
Mike Roffe
Mike Saunders/Jillian Burgess
Charlotte Styles

© Hachette
Grisewood and Dempsey Ltd
Arnoldo Mondadori Editore S.p.A. 1983

© Hachette Paris 1983 pour l'édition en langue française.
Tous droits réservés.

Sommaire

SCIENCES ET TECHNIQUES

Comment marche une machine à laver ? 10
Comment un réfrigérateur produit-il du froid ? 10
Comment marche un lave-vaisselle ? 11
Comment une balance pèse-t-elle ? 11
Qu'est-ce qu'un four à micro-ondes ? 11

Comment rend-on l'eau potable ? 12
Comment l'eau arrive-t-elle jusqu'aux robinets ? 12
Pourquoi le savon nettoie-t-il ? 12
Comment fonctionnent les caniveaux et les égouts ? 13
Comment un thermos conserve-t-il la chaleur ? .. 13
Comment fonctionne un autocuiseur ? 13

De quoi est fait le sucre ? 14
D'où vient le sel ? 14
Comment fabrique-t-on le beurre ? 14
De quoi est fait le pain ? 15
Pourquoi y a-t-il des bulles dans les boissons gazeuses ? 15
Comment met-on les aliments en boîtes ? 15

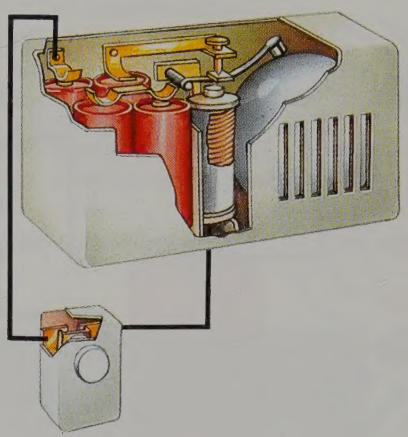
Comment marche une serrure ? 16
Comment fonctionne un carillon de porte ? 16
Comment fonctionne une horloge ? 16
Comment marche un fer à repasser ? 17
Qu'est-ce qu'une bombe aérosol ? 17
Comment un aspirateur ... aspire-t-il ? 17

Comment une ampoule électrique éclaire-t-elle ? 18
Comment marche une lampe-torche ? 18
A quoi sert un fusible ? 18
Comment fonctionne le téléphone ? 19
Comment peut-on insonoriser une pièce ? 19
Comment marche un chauffage central ? 19

Comment agit un paratonnerre ? 20
Pourquoi fait-il chaud dans une serre ? 20
A quoi servent les antennes ? 20
Comment éclaire-t-on les rues ? 21
Comment fonctionnent les feux tricolores ? 21
Comment marche une tondeuse à gazon ? 21

Comment fabrique-t-on l'acier ? 22
A quoi sert l'acier ? 22
Qu'est-ce qu'une soudure ? 22
De quoi est fait le verre ? 23
Comment le verre est-il coloré et mis en forme ? 23
D'où vient le caoutchouc ? 23

D'où provient le gaz naturel ? 24
Comment obtient-on le pétrole ? 24



Comment fonctionne un derrick ? 24
Comment produit-on de l'essence ? 25
Comment fabrique-t-on les matières plastiques ? 25
A quoi servent les plastiques ? 25

Qu'est-ce que l'air liquide ? 26
Comment extrait-on le charbon ? 26
A quoi sert le charbon ? 26
Comment marche une centrale électrique ? 27
Comment l'électricité arrive-t-elle dans les habitations ? 27

Comment peut-on exploiter l'énergie de la Terre ? 28
A quoi sert une éolienne ? 28
Comment capte-t-on l'énergie solaire ? 28
Comment l'eau donne-t-elle de l'électricité ? 29
Comment exploite-t-on l'énergie de la mer ? 29

De quoi est fait le ciment ? 30
Comment fait-on le béton ? 30
Comment construit-on un gratte-ciel ? 30
Comment démolit-on les immeubles et les cheminées d'usine ? 31
Comment creuse-t-on un tunnel ? 31

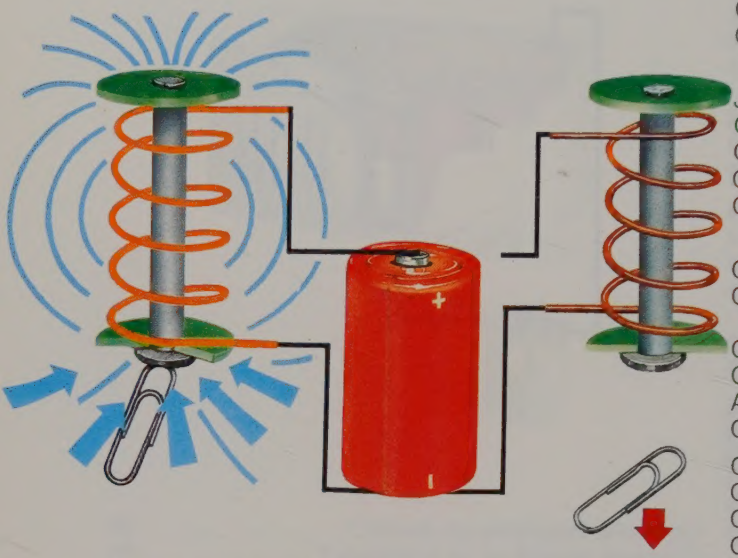
Comment construit-on un pont ? 32
Comment fonctionne un marteau-piqueur ? 32
Comment construit-on une route ? 32
Comment fonctionnent les robots ? 33
A quoi servent les robots ? 33
Comment se font les barrages ? 33

Comment prépare-t-on le cuir ? 34
Comment se fait le tissage ? 34
Comment fonctionne une fermeture éclair ? 34
Comment fait-on du fil ? 35
Comment fabrique-t-on une poterie ? 35

De quoi est faite l'encre ? 36
Comment fonctionne un stylo à bille ? 36
Pourquoi une gomme efface-t-elle ? 36
Comment marche un escalator ? 37
Comment fonctionne un ascenseur ? 37
Comment agit un extincteur ? 37

Comment imprime-t-on les journaux ? 38
De quoi est fait le papier ? 38
Comment imprime-t-on en couleurs ? 39
Comment les livres sont-ils reliés ? 39

Comment marche une machine à écrire ? 40
Qu'est-ce qu'un téléscripteur ? 40



Comment une calculatrice affiche-t-elle les chiffres ? 40
Comment fonctionne un photocopieur ? 41
Qu'est-ce qu'une machine de traitement de texte ? 41

Comment les cuivres produisent-ils des sons ? .. 42
Comment joue-t-on des bois ? 42
A quoi servent les pédales d'une harpe ? 43
Comment tire-t-on des sons d'un instrument à cordes ? 43
Comment joue-t-on de l'orgue ? 43

Comment marche une guitare électrique ? 44
Comment est faite une guitare acoustique ? 44
Qu'est-ce qu'un synthétiseur ? 44
Comment fonctionne un piano ? 45
A quoi servent les pédales du piano ? 45
Comment se produit le son du tambour ? 45

Comment des peintures peuvent-elles luire dans l'obscurité ? 46
Comment se fait une statue ? 46
Comment fabrique-t-on un moulage ? 46
Qu'est-ce qu'une mosaïque ? 47
De quoi sont faites les peintures ? 47
Qu'est-ce qu'une gravure ? 47

Comment obtient-on une photographie ? 48
Comment un appareil prend-il des photos ? 48
A quoi sert un posemètre ? 48
Comment fonctionne un flash ? 49
Qu'est-ce qu'une diapositive ? 49

Comment marche un projecteur de films ? 50
Comment fonctionne une caméra ? 50
Comment fait-on des dessins animés ? 51
Comment fonctionne un micro ? 51
Comment enregistre-t-on un disque ? 51

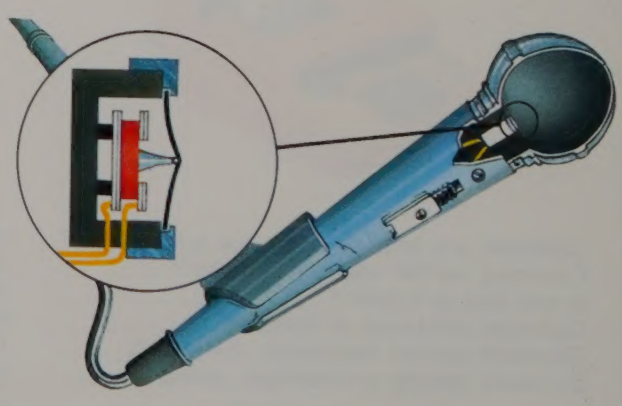
Comment marche un électrophone ? 52
Comment le son sort-il d'un haut-parleur ? 52
Qu'est-ce que la stéréo ? 52
Comment marche un magnétophone ? 53
Comment se fait l'enregistrement d'une cassette ? 53

Jusqu'où peuvent aller les ondes radio ? 54
Qu'est-ce qu'un appareil de cibiste ? 54
Comment fonctionne une caméra de télévision ? 54
Comment marche la radio ? 55
Comment les images télévisées sont-elles retransmises ? 55

Comment fonctionne un poste de télévision ? 56
Comment un téléviseur donne-t-il des images en couleurs ? 56
Comment marche un magnétoscope ? 56
Qu'est-ce qu'un vidéodisque ? 57
A quoi servent les bouteilles de plongée ? 57
Comment fonctionne un parachute ? 57

Comment agit un aimant ? 58
Qu'est-ce qu'un champ magnétique ? 58
Comment circule le courant électrique ? 58
Comment fonctionne une batterie d'automobile ? 59
Comment marche un moteur électrique ? 59

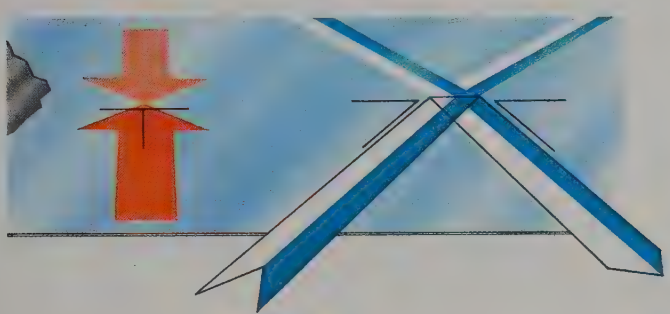
A quoi sert un transformateur ? 60
Qu'est-ce qu'un électro-aimant ? 60
Que fait un transistor ? 61
Qu'est-ce qu'une puce électronique ? 61



Comment fabrique-t-on les puces ? 61

Comment marche une montre à quartz ? 62
Comment fonctionne un ordinateur ? 62
Combien de nombres utilisent les ordinateurs ? 63
A quelle vitesse travaillent les ordinateurs ? 63
Comment un ordinateur peut-il parler ? 63

Comment fonctionne un réacteur nucléaire ? 64
Pourquoi l'énergie nucléaire est-elle si importante ? 64
Comment des atomes peuvent-ils être brisés ? .. 65
Comment peut-on déterminer l'âge des fossiles ? 65
Qu'est-ce qui rend certains corps radioactifs ? 65
Qu'est-ce que le laser ? 66
A quelle vitesse se déplace la lumière ? 66
Comment utilise-t-on les rayons ultraviolets ? 66
Qu'est-ce qu'un hologramme ? 67
Comment produit-on les rayons X ? 67
Pourquoi les objets paraissent-ils plus proches sous l'eau ? 68
Comment agit une loupe ? 68
Comment peut-on se voir dans un miroir ? 68
Où utilise-t-on un périscope ? 69
Combien de fois un microscope peut-il grossir ? 69
Qu'est-ce qu'un microscope électronique ? 69
L'eau a-t-elle une « peau » ? 70
Comment fonctionnent les poulies ? 70
Comment la glace peut-elle flotter sur l'eau ? 70
Que font les machines hydrauliques ? 71
Comment fonctionne un gyrocompas ? 71



Comment marche un radar ? 72
Qu'est-ce qu'un sonar ? 72
Comment fonctionne un thermomètre ? 72
Comment utilise-t-on les ultrasons ? 73
A quoi sert un thermostat ? 73
Comment un métal peut-il se dilater ou se contracter ? 73
Les explosifs, comment ça marche ? 74
Comment fonctionne un fusil ? 74
Comment peut-on tirer au fusil la nuit ? 74
Qu'est-ce qu'une bombe atomique ? 75
Et une bombe à hydrogène ? 75
Comment se dirige un missile ? 75

LES TRANSPORTS MODERNES

Qu'est-ce qu'un chemin de fer à crémaillère ? 76
Comment marche une locomotive à vapeur ? 76
Et une locomotive Diesel ? 77
Comment fonctionnent les trains à grande vitesse ? 77
Comment les avions volent-ils ? 78
Comment s'effectue le contrôle du trafic aérien ? 78
Comment vole un hélicoptère ? 79
Comment des avions peuvent-ils décoller à la verticale ? 79
Comment construit-on les navires ? 80
Comment pêchent les chalutiers ? 80
Comment marche une hélice de bateau ? 81
Comment fonctionnent les sous-marins ? 81
Comment marche un moteur d'automobile ? 82
A quoi sert une boîte de vitesses ? 82
Et une suspension ? 83
Comment fonctionnent les freins ? 83
Comment une automobile se dirige-t-elle ? 83

L'HOMME ET L'ESPACE

Qu'est-ce qu'une lunette astronomique ? 84
Comment fonctionnent les télescopes ? 84
Comment un télescope peut-il suivre les astres ? 85
Qu'est-ce qu'un radiotélescope ? 85
Comment prend-on la photo d'un astre ? 85
Comment lance-t-on un engin spatial ? 86
Qu'est-ce qu'un moteur-fusée ? 86
Comment dirige-t-on une sonde spatiale ? 87
Comment un satellite peut-il rester en orbite ? 87
Comment un vaisseau spatial peut-il regagner la Terre ? 87
Comment les astronautes respirent-ils dans l'espace ? 88

Pourquoi les scaphandres spatiaux sont-ils pressurisés ? 88
Comment les astronautes communiquent-ils entre eux ? 88
Qu'est-ce que la « marche » des astronautes dans l'espace ? 89
Quelle source d'énergie utilisent les engins spatiaux ? 89
Comment mesure-t-on la distance de la Terre à la Lune ? 90
Comment a-t-on commencé à explorer la Lune ? 90
Comment fonctionnent les sondes lunaires automatiques ? 90
Comment les vaisseaux *Apollo* sont-ils allés sur la Lune ? 91
Comment les astronautes d'*Apollo* ont-ils exploré la Lune ? 91
Comment fonctionnait la jeep lunaire ? 91
Comment Mars a-t-elle été explorée ? 92
Comment a-t-on survolé les planètes géantes ? 92
Comment est lancée la navette spatiale ? 93

A quoi sert la navette spatiale ? 93
Pourquoi lancer un grand télescope dans l'espace ? 93

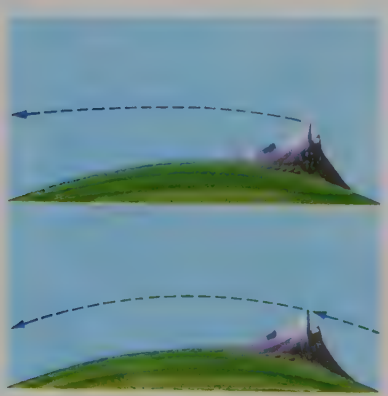
NOTRE PLANÈTE : LA TERRE

Comment connaît-on les courants océaniques ? 94
Comment prélève-t-on des échantillons au fond des mers ? 94
Comment mesure-t-on les vents de haute altitude ? 95
Comment explore-t-on les cyclones ? 95
Comment calcule-t-on l'expansion des fonds sous-marins ? 95
Qu'est-ce que les satellites nous disent sur la Terre ? 96

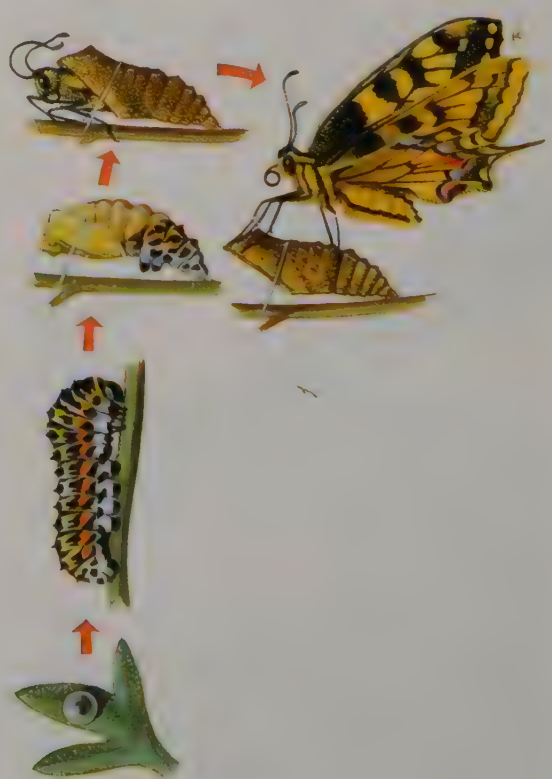
Comment évalue-t-on les tremblements de terre ? 96
Comment peut-on étudier l'intérieur de la Terre ? 96
Comment a-t-on mesuré la taille de la Terre ? 97
Comment les différentes sortes de roches se sont-elles formées ? 97
Comment mesurer l'âge des roches ? 97

PLANTES ET ANIMAUX

Comment une graine se transforme-t-elle en plante ? 98
Comment les plantes vertes « fabriquent »-elles leur nourriture ? 98



Comment les plantes respirent-elles ? 98
Comment les plantes trouvent-elles de l'eau ? 99
Comment l'eau monte-t-elle dans la tige ? 99
Qu'est-ce que la transpiration ? 99
Quelle est la structure du bois ? 100
Comment connaître l'âge d'un arbre ? 100
Comment l'écorce se forme-t-elle ? 100
Comment les plantes parasites se nourrissent-elles ? 101
Pourquoi le gui pousse-t-il sur les arbres ? 101
Comment survivent les plantes du désert ? 102
Pourquoi de nombreuses plantes du désert sont-elles charnues ? 102

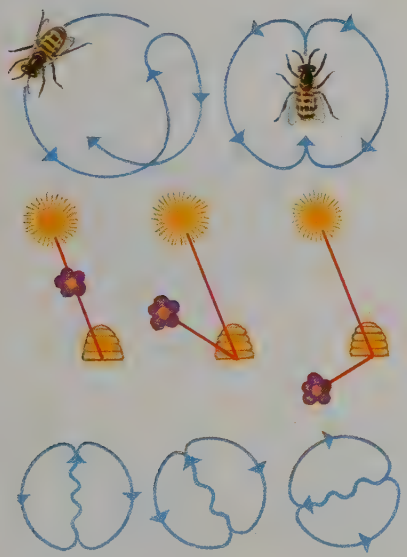


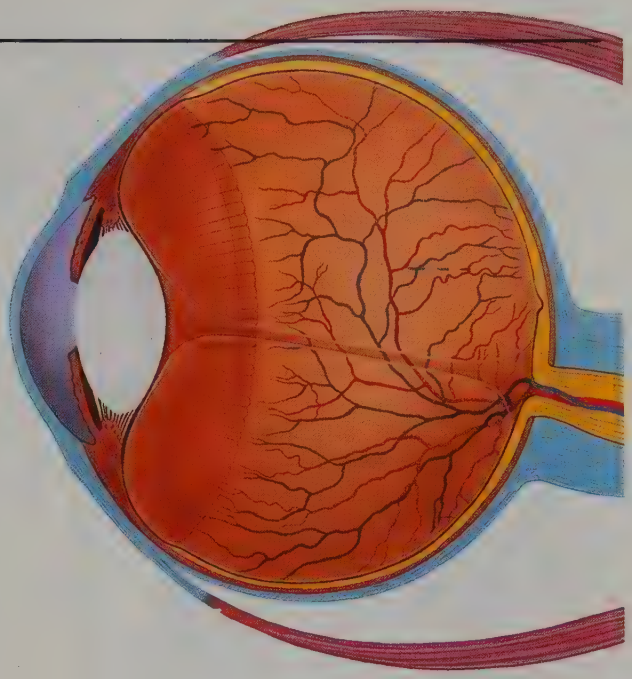
Comment les plantes des montagnes résistent-elles au froid ? 102
Comment les plantes des marais salants survivent-elles ? 103
Pourquoi y a-t-il des plantes qui piquent ? 103
Comment grimpent certaines plantes ? 103

Comment une amibe se déplace-t-elle ? 104
Comment les oiseaux volent-ils ? 104
Comment les serpents avancent-ils ? 104
Et une paramécie ? 105
Comment les poissons nagent-ils ? 105
Comment un calmar nage-t-il ? 105

Comment est fait un œil d'insecte ? 106
Comment le chat voit-il dans l'obscurité ? 106
Comment les chauves-souris s'orientent-elles ? 106
Comment les poissons peuvent-ils « voir » avec leurs flancs ? 107
Comment les poissons respirent-ils ? 107
Pourquoi un cachalot peut-il rester longtemps sous l'eau ? 107

Comment une chenille devient-elle papillon ? 108
Comment un têtard se transforme-t-il en grenouille ? 108
Comment un poussin sort-il de l'œuf ? 108
Comment un chameau conserve-t-il l'eau ? 109
Comment les abeilles font-elles le miel ? 109
Pourquoi les abeilles dansent-elles ? 109





Comment respirons-nous ? 114
Comment fonctionne le cœur ? 114
Qu'est-ce qu'un cœur-poumon ? 115
Comment travaillent les muscles ? 115
Comment se déclenche le réflexe du genou ? 115

A quoi sert la peau ? 116
De quoi sont faites les dents ? 116
A quoi servent nos différentes dents ? 116
Que fait le sang ? 117
Comment le sang peut-il combattre la maladie ? 117
Qu'est-ce que la cicatrisation ? 117

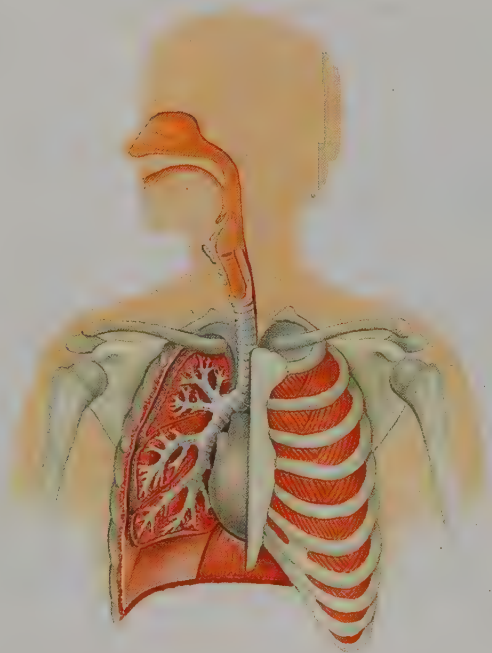
Qu'est-ce que le cycle menstruel ? 118
Pourquoi y a-t-il des jumeaux ? 118
Comment se fait un bébé ? 119
Qu'est-ce qu'un « bébé-éprouvette » ? 119
Comment un bébé vient-il au monde ? 119

INDEX 120

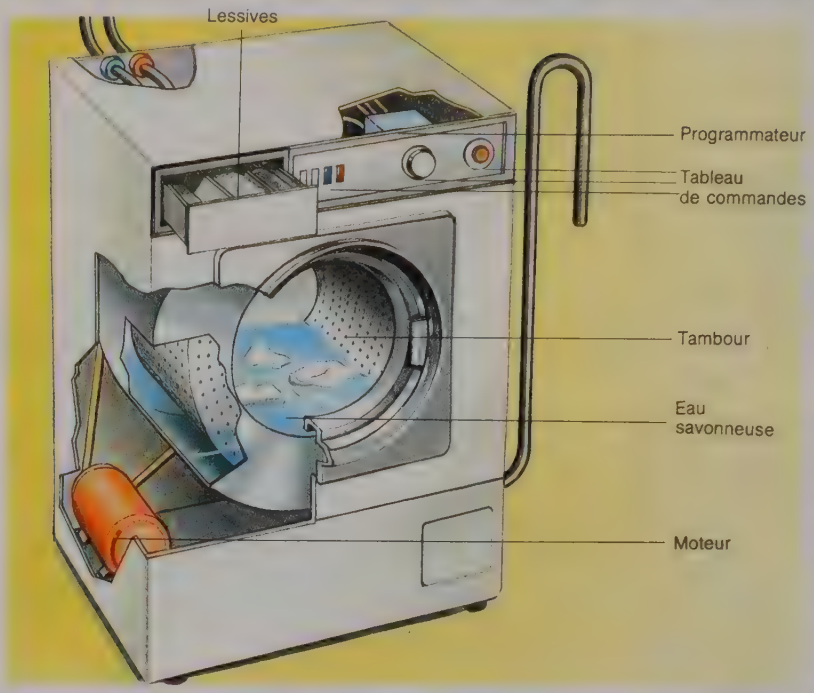
DÉCOUVRONS NOTRE CORPS

Comment voyons-nous ? 110
Comment corrige-t-on une mauvaise vue ? 110
Comment entendons-nous ? 111
Comment trouvons-nous notre équilibre ? 111
Comment pouvons-nous goûter et sentir ? 111

A quoi sert le foie ? 112
Comment digérons-nous les aliments ? 112
Qu'est-ce qu'un stéthoscope ? 112
Comment fonctionnent les reins ? 113
Qu'est-ce qu'un rein artificiel ? 113
Comment se répare un os brisé ? 113



Sciences et techniques



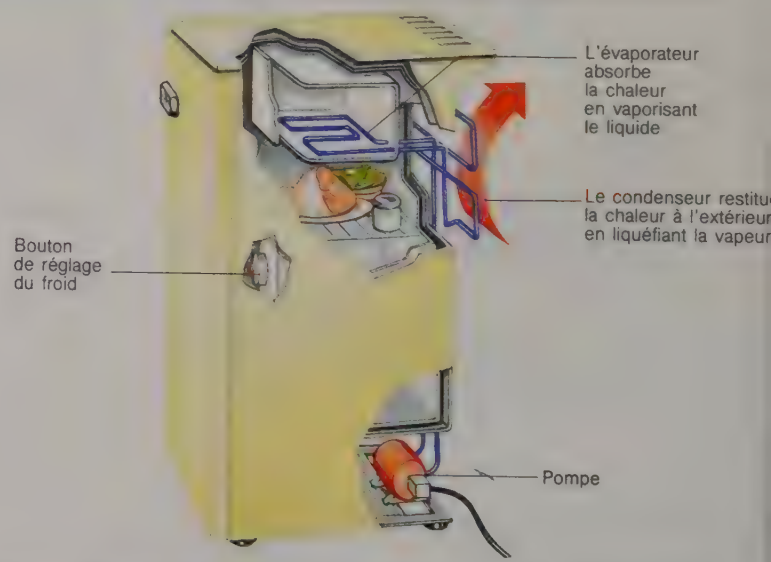
◄ Comment marche une machine à laver ?

La plupart des machines à laver possèdent un tambour, qui tourne lentement pour retourner constamment le linge dans l'eau savonneuse.
A la fin du cycle de lavage les vêtements sont rincés dans de l'eau propre, puis essorés à grande vitesse.

Les vêtements doivent être rincés plusieurs fois dans la machine avant d'être vraiment propres. La durée du cycle et la température de l'eau peuvent être adaptés à chaque sorte de tissu par un circuit « programmateur ».

► Comment un réfrigérateur produit-il du froid ?

Derrière un réfrigérateur on peut voir une multitude de petites canalisations, dans lesquelles circule un liquide. Ce liquide est pompé de façon à circuler sans cesse ; il refroidit l'intérieur de l'appareil et il fait sortir la chaleur à l'extérieur.



Le fluide qui circule dans les canalisations du réfrigérateur a la propriété de pouvoir se transformer facilement de l'état liquide à celui de vapeur. Lorsqu'il pénètre à l'intérieur du réfrigérateur, ce fluide est liquide : il est pompé à travers un évaporateur qui le transforme en vapeur. C'est ce changement de liquide en vapeur qui crée le froid, car tout corps qui s'évapore se refroidit ; c'est pourquoi nous transpirons quand nous avons chaud, l'évaporation de la sueur provoquant un refroidissement de la peau.

En sortant du réfrigérateur cette vapeur traverse un condenseur et le fluide redevient liquide ; il évacue alors par un radiateur la chaleur collectée en cours de route. La chaleur de l'intérieur se trouve ainsi évacuée à l'extérieur, dans l'air.

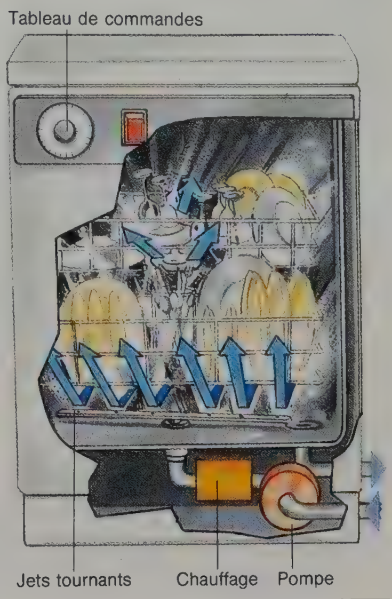
► Comment marche un lave-vaisselle ?

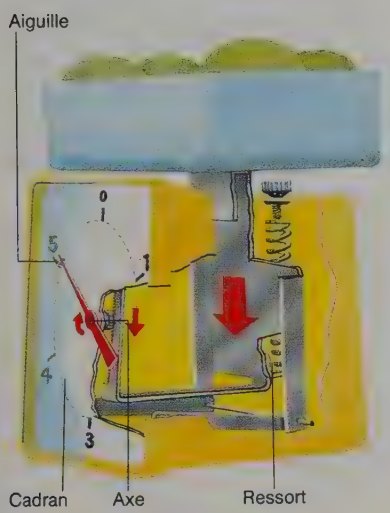
Il faut d'abord placer la vaisselle et les couverts sales dans des paniers spéciaux, à l'intérieur de la machine. Un premier lavage est effectué, à l'eau très chaude, pour enlever les graisses des plats. Puis il y a un second lavage, pour la vaisselle et les couverts. Enfin, il y a le séchage.

Une machine à laver la vaisselle possède un tableau de commande pour programmer le lavage et le rinçage que l'on souhaite. Tout dépend de la vaisselle et des couverts que l'on doit laver, et de leur degré de saleté. Le premier lavage est effectué en général à 70 °C, température que nos mains ne pourraient supporter.

Cette eau chaude est projetée par des jets tournants, qui arrosent la vaisselle dans tous les sens à l'intérieur de la cuve.

L'eau contient des détergents afin de dissoudre les graisses, des produits de rinçage et des sels anticalcaire.





◄ Comment une balance pèse-t-elle ?

La balance qui permet de faire des pesées dans la cuisine est une balance à ressort. Quand le plateau de la balance est chargé il comprime un ressort proportionnellement au poids. Un index se déplace pour indiquer ce poids sur une échelle graduée.

La balance de la salle de bains fonctionne de la même façon. Avec cette différence que le ressort est plus résistant.

A l'intérieur de la balance un axe solidaire du plateau se déplace pour entraîner l'aiguille, mobile devant un cadran. La modification de la longueur du ressort est proportionnelle au poids, et au déplacement de l'aiguille sur le cadran.

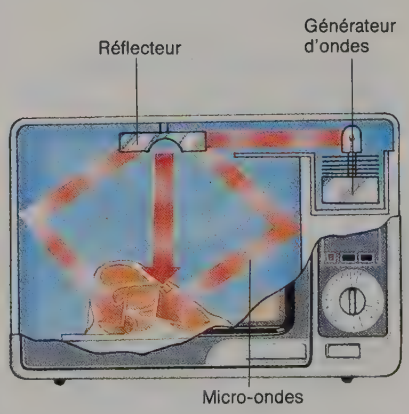
Les balances électroniques possèdent un dispositif qui produit un signal électrique quand on les charge. Ce signal est envoyé dans un petit calculateur qui détermine le poids exact et affiche sa valeur.

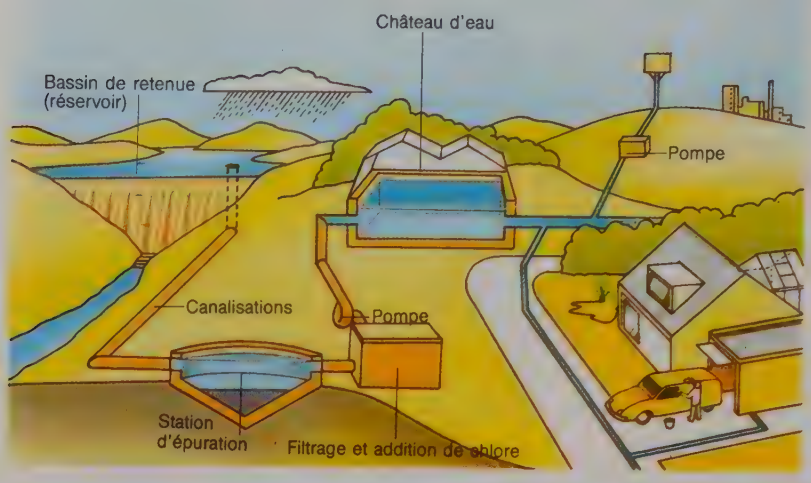
► Qu'est-ce qu'un four à micro-ondes ?

Un four à micro-ondes n'a pas besoin de brûleurs ou de plaques chauffantes, comme les fours à gaz ou électriques. On place la nourriture dans une enceinte métallique et l'on presse un bouton. Des rayons invisibles traversent l'enceinte et cuisent rapidement la nourriture.

Ces ondes capables de cuire sans source de chaleur apparente sont des micro-ondes. Elles ne sont pas différentes des ondes de radio, mais vibrent sur une fréquence plus grande ; leur longueur d'onde n'est que de quelques millimètres, au lieu de quelques dizaines de mètres au moins pour la radio. C'est pourquoi on les appelle des micro-ondes. Elles ont la propriété de pénétrer à l'intérieur des objets. La nourriture est donc cuite de l'intérieur, alors que dans un four habituel la cuisson se fait de l'extérieur vers l'intérieur.

Certains fours à micro-ondes sont équipés d'un petit ordinateur qui dirige la cuisson.





▲ Comment l'eau arrive-t-elle jusqu'aux robinets ?

L'eau nous parvient par un réseau de canalisations souterraines. Au départ elle est puisée dans un grand réservoir, alimenté par une rivière ou un barrage. Puis elle est stockée dans des « châteaux d'eau », situés sur des hauteurs ; elle s'écoule donc sans que nous ayons à la pomper.

Qu'il s'agisse d'eau de rivière, de barrages, ou même de puits, c'est de l'eau de pluie. La différence est que son trajet a pu être souterrain ou en surface avant d'arriver là ou elle est puisée.

L'eau ainsi collectée est d'abord purifiée par diverses méthodes, afin d'être rendue potable ; elle peut alors être bue sans risque. Stockée dans des réservoirs ou des châteaux d'eau, elle arrive chez l'usager par simple pesanteur.

◄ Comment rend-on l'eau potable ?

L'eau que l'on trouve dans la nature n'est pas toujours bonne à boire. C'est pourquoi l'eau qui arrive à nos robinets a subi plusieurs traitements destinés à la rendre potable. Il y a d'une part addition de produits chimiques pour tuer les microbes. Il y a d'autre part une série de filtrages pour en retirer les impuretés.

La première étape consiste à se débarrasser des bactéries ; on utilise pour cela des produits chimiques. L'eau est ensuite filtrée à travers une grande épaisseur de cailloux et de sables qui retiennent les impuretés restantes. Enfin, on ajoute du chlore pour éliminer les microbes qui auraient pu subsister.

Quelques produits chimiques supplémentaires sont parfois inclus dans l'eau potable ; c'est le cas du fluor, qui a des propriétés anticarie. L'eau peut aussi être adoucie afin d'éviter le dépôt de calcaire dans les canalisations.

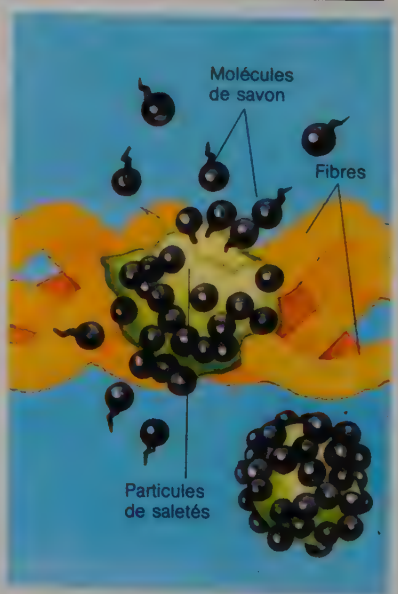
► Pourquoi le savon nettoie-t-il ?

Les objets se salissent parce que des poussières ou divers matériaux se collent à eux. L'eau savonneuse a la propriété de dissoudre la crasse et les graisses. Ces particules partent avec l'eau, et les objets redeviennent propres.

L'eau claire, utilisée seule, ne suffit pas pour laver les objets sales. Le savon est formé de longues molécules chimiques qui s'attachent aux molécules d'eau à une extrémité, et aux molécules de graisse à l'autre. Elles entraînent donc la saleté.

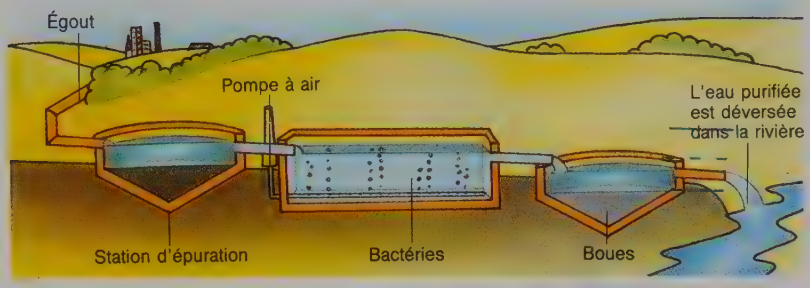
Autrement dit, les molécules de savon relient l'eau et la graisse, et de cette façon la graisse se trouve dissoute. Elle s'en va avec l'eau de lavage.

Pour obtenir un résultat parfait, il faut bien rincer les objets lavés afin d'éliminer toute l'eau savonneuse restante.



► Comment fonctionnent les caniveaux et les égouts ?

Ils ont pour rôle d'évacuer les eaux usées des habitations. Les caniveaux reçoivent également l'eau de pluie. Les eaux usées sont recueillies dans des canalisations souterraines et emportées soit vers des égouts (en ville), soit vers des fosses septiques et plateaux absorbants enterrés (à la campagne).



Les fosses septiques sont de grandes cuves dans lesquelles se déversent les eaux domestiques et les produits des w.-c. Un système de « passages » permet à l'eau propre de surface de s'écouler à l'extérieur.

Dans les villes, ces eaux peuvent être traitées dans des stations d'épuration ; là, des bactéries « digèrent » les impuretés qu'elles contiennent. Après quoi l'eau peut être rejetée dans une rivière ou dans la mer.

◄ Comment un thermos conserve-t-il la chaleur ?

Une bouteille thermos peut maintenir chaude une boisson pendant plusieurs heures. Parce qu'elle empêche la chaleur de s'échapper. La déperdition est si faible qu'il faut très longtemps avant que l'intérieur devienne froid.

Pour empêcher cette déperdition de chaleur il faut réunir plusieurs éléments : les parois de verre de la bouteille sont argentées, de manière à renvoyer la chaleur. D'autre part, le récipient est fait d'une bouteille à double paroi : entre les deux, on a fait le vide. Or le vide ne transmet pas la chaleur.

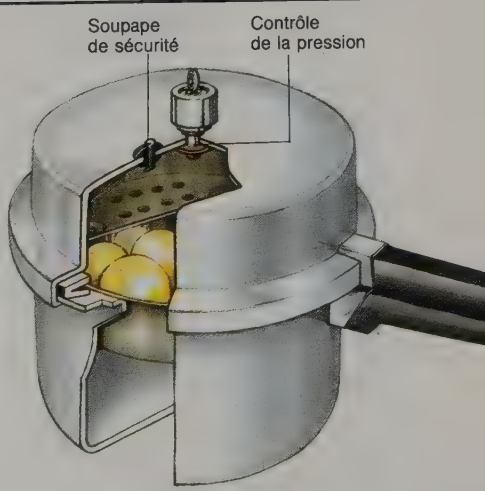
Une bouteille thermos peut aussi être isolante vis-à-vis de la chaleur extérieure. Elle sert donc aussi bien à conserver un liquide chaud qu'une boisson froide ou des glaçons.

► Comment fonctionne un autocuiseur ?

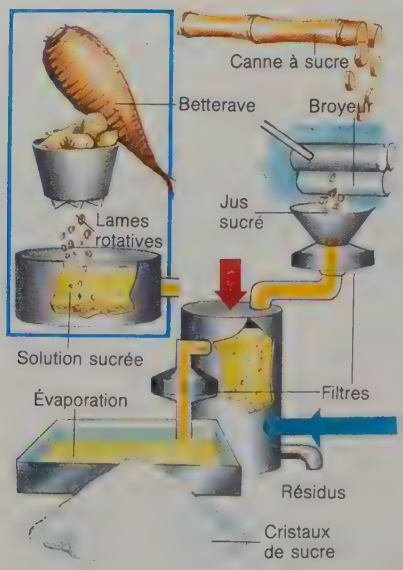
Un autocuiseur est un récipient muni d'un couvercle totalement étanche. La nourriture est placée à l'intérieur, avec de l'eau. Si l'on chauffe, l'eau finit par bouillir et produit de la vapeur à température élevée qui accélère la cuisson.

La nourriture cuit plus rapidement à l'intérieur d'un autocuiseur, parce qu'elle se trouve portée à une température plus élevée qu'à l'air libre. Quand l'eau bout à l'intérieur, la vapeur ne peut s'échapper et crée une forte pression.

Or, il faut savoir que la vapeur sous pression est plus chaude que la vapeur qui peut s'échapper à l'air libre. Plus la pression est forte, plus la température est élevée, et plus la cuisson est rapide. Le couvercle de l'autocuiseur comporte cependant une soupape de sécurité qui s'ouvrirait en cas de pression trop forte. Une autre soupage, facile à régler, permet de faire varier la température à l'intérieur.



« Cocotte-minute »



◄ De quoi est fait le sucre ?

Le sucre provient essentiellement de deux plantes : la canne à sucre et la betterave sucrière.

La canne à sucre pousse dans les pays tropicaux ; c'est une grande plante qui ressemble au bambou. Le sucre se trouve dans la tige de la canne. Les betteraves sucrières poussent dans les régions de climat tempéré ; elles ressemblent à de grosses carottes. C'est dans la racine de la betterave que se trouve le sucre.

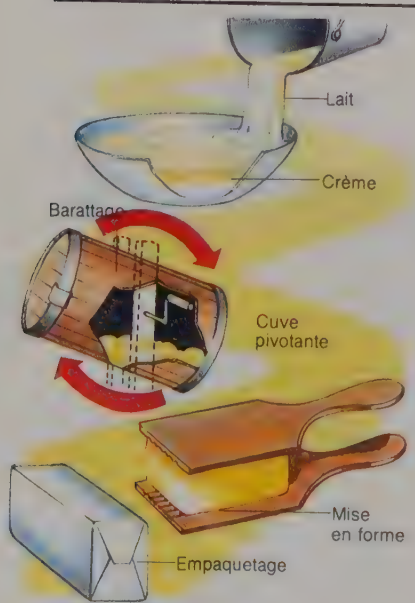
Dans les sucreries, on écrase les tiges de cannes pour obtenir du jus qui est ensuite dissous dans l'eau. La betterave, elle, est coupée en tranches plongées dans l'eau chaude afin d'en extraire le jus sucré. Dans les deux cas l'eau sucrée est filtrée et chauffée jusqu'à la cristallisation du sucre. Ce sucre est brun. On le blanchit en le dissolvant à nouveau dans de l'eau et en le chauffant pour une nouvelle cristallisation.

► D'où vient le sel ?

Le sel est un minéral. On le trouve surtout dans la mer. Pour en extraire le sel, on laisse s'évaporer de l'eau de mer dans de grands bassins peu profonds, près de la côte : ce sont des marais salants. Le sel se trouve également dans des gisements souterrains.

Le sel que l'on obtient ainsi, de la mer ou du sous-sol, n'est pas pur. Le sel de table a été purifié. Le sel impur est dissous dans l'eau chaude, et ce mélange traverse des évaporateurs. En y créant une pression réduite, des cristaux de sel pur peuvent alors se former.

Les gisements terrestres de sel « gemme » peuvent avoir plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Il faut y creuser des puits pour en extraire le sel.



◄ Comment fabrique-t-on le beurre ?

Le beurre provient de la crème que produit le lait de vache. Cette crème est retirée et placée dans une baratte ; c'est une grande cuve pivotante dans laquelle un bras métallique mélange la crème jusqu'à ce qu'elle se transforme en beurre.

La crème est composée de gouttes de matière grasse qui flottent dans le lait. Pour séparer cette crème, le lait est placé dans une centrifugeuse. Cet appareil, en rotation rapide, permet d'effectuer la séparation sans attendre la formation naturelle de crème en surface. La crème est ensuite chauffée pour pasteurisation : cette opération a pour effet de tuer les microbes. Puis elle est placée dans la baratte, où les gouttes de graisse se réunissent et finissent par former du beurre.

Ce beurre peut être alors salé et coloré, puis découpé en plaques, empaqueté et conditionné. Le beurre naturel est presque blanc.

▲ De quoi est fait le pain ?

Le pain est fabriqué à partir de farine de blé ou de seigle. Cette farine est mélangée à de l'eau, de la levure, du sucre et du sel. Le résultat est une pâte. Cette pâte est coupée en morceaux de différentes tailles et cuite au four, où la levure la fait gonfler.

La pâte à pain est donc le résultat du mélange ou « pétrissage » de ces cinq ingrédients. La levure joue un rôle important en faisant fermenter la pâte, qui « lève » : ce gonflement est dû à la formation de bulles de gaz carbonique.

Après cela on donne à la pâte la forme du pain voulu, et on l'introduit dans un four. La chaleur crée les trous dans la pâte, qui ainsi devient plus légère ; la chaleur a également pour effet de tuer la levure, et le pain garde sa forme définitive.

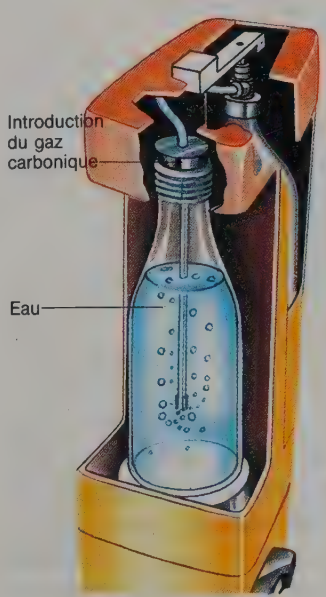
Après la cuisson le boulanger décharge son four. Le pain est prêt à être vendu. Il est clair ou brun, à l'intérieur, suivant la farine utilisée.

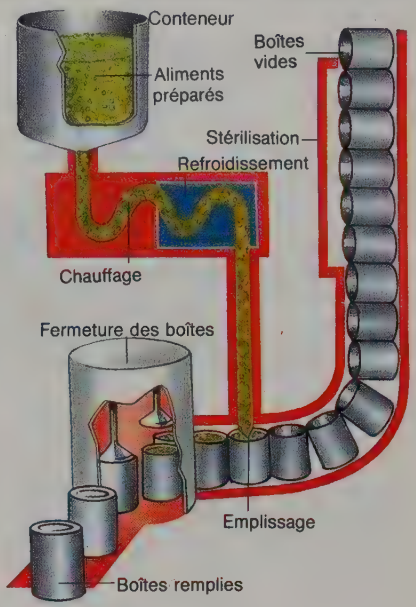
▼ Pourquoi y a-t-il des bulles dans les boissons gazeuses ?

Quand on décapsule une bouteille de boisson gazeuse, on peut voir des bulles monter dans le liquide. Ce sont des bulles d'un gaz appelé gaz carbonique. Ce gaz est dissous dans le liquide lors de la fabrication de la boisson.

A l'usine, ce gaz carbonique est introduit dans la bouteille sous pression, ce qui lui permet de se dissoudre. Tant que la bouteille est fermée, le gaz reste dissous ; mais dès qu'on l'ouvre, il cherche à s'échapper et remonte à la surface. C'est ce qui provoque l'apparition des bulles et ce chuintement que l'on entend.

On peut également préparer une boisson gazeuse en ajoutant de l'eau à des produits en poudre. Cette poudre contient du bicarbonate de sodium et de l'acide citrique, qui donnent alors du gaz carbonique sous forme de bulles qui se dégagent.





▲ Comment met-on les aliments en boîtes ?

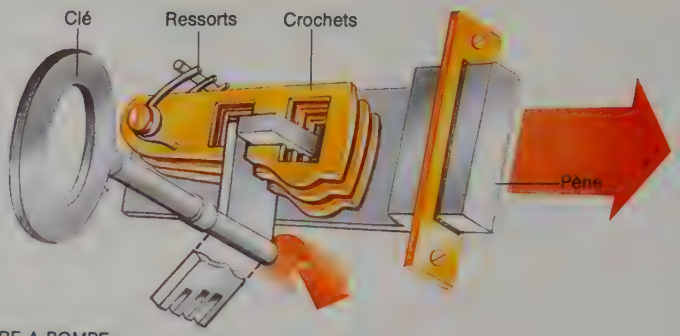
Les aliments qui se trouvent enfermés dans les boîtes de conserve restent consommables longtemps parce qu'on y a détruit tous les microbes. Cette opération s'effectue dans une usine spéciale appelée conserverie.

Dans les conserveries, les aliments sont préparés dans d'immenses conteneurs. Ils sont ensuite introduits dans les boîtes, sans couvercle ; ces boîtes sont placées sur un tapis roulant, et reçoivent parfois une addition de liquide, sauce ou sirop. Puis le vide d'air est fait et le couvercle fixé hermétiquement.

Ensuite les boîtes sont chauffées pour stérilisation. Aucun microbe ne peut donc plus ni exister, ni se développer à l'intérieur.

▸ Comment marche une serrure ?

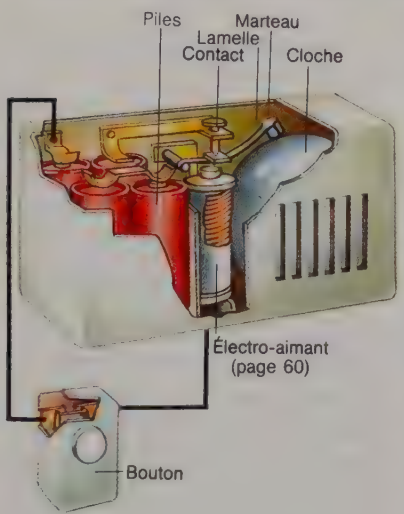
Quand une porte est fermée, un pène sort de la serrure pour se placer dans la gâche fixe du montant de la porte.
Déverrouiller la serrure consiste à ramener le pène en arrière, de manière à permettre l'ouverture de la porte.



SERRURE A POMPE

Dans une serrure cylindrique, du type « Yale », c'est le centre de la serrure qui est mobile. La clé lève une série de crochets qui maintiennent le centre solidaire du reste de la serrure.

Une serrure à pompe reçoit des clés faites d'encoches métalliques différemment placées. La bonne clé soulève d'une hauteur voulue les crochets qui permettent, en position haute, la rotation de l'axe actionnant le pène.



◂ Comment fonctionne un carillon de porte ?

En appuyant sur la sonnette, on déclenche un courant électrique. Ce courant alimente un électro-aimant dans lequel se déplace un petit marteau qui va frapper la cloche.

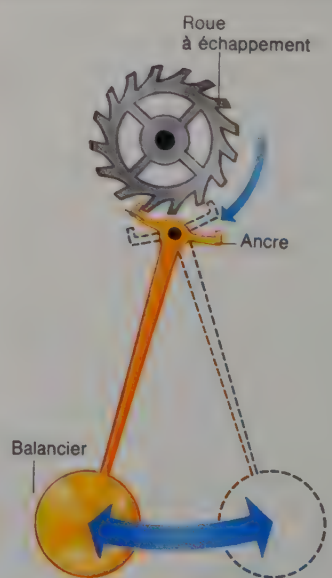
Dans une sonnette électrique de porte, le bouton-poussoir a donc pour seul rôle d'établir le circuit du courant électrique. L'action mécanique du marteau résulte de la création d'un champ magnétique qui attire et repousse ce marteau. Au premier coup de marteau, en effet, le circuit électrique est interrompu, car la lamelle souple qui porte ce marteau se décolle de son support. Comme le courant ne passe plus, l'électro-aimant cesse d'attirer la lamelle, qui revient en arrière et referme le circuit ; ainsi, le courant passe à nouveau, l'électro-aimant attire sa lamelle dont le marteau heurte une deuxième fois la cloche, et ainsi de suite.

▸ Comment fonctionne une horloge ?

Dans les horloges et pendules que l'on remonte, c'est un ressort ou un poids qui fait avancer les aiguilles. Des engrenages bien calculés permettent aux grandes aiguilles de tourner 12 fois quand les petites ont tourné 1 fois. Dans les pendules électriques, c'est un moteur électrique qui entraîne les aiguilles.

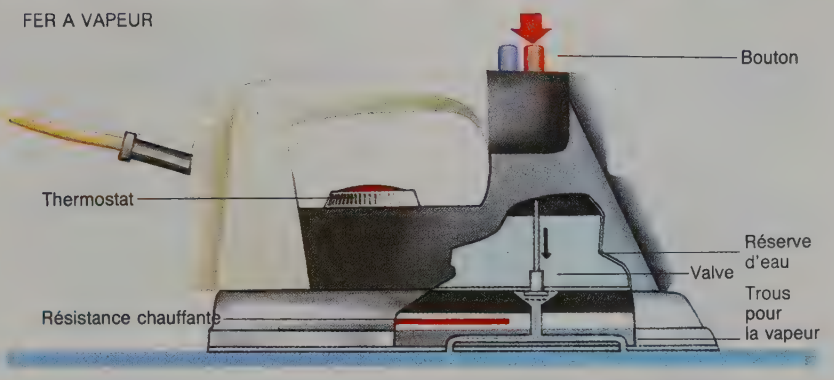
A l'intérieur d'une pendule, d'une horloge ou même d'une montre mécanique, une pièce essentielle est la roue à échappement. Cette roue tourne lentement sous l'action d'un ressort spiralé qui se détend (montres mécaniques) ou d'un poids qui descend (horloges).

Le mouvement de cette roue est contrôlé par une ancre qui va et vient sous l'impulsion d'un ressort spiral (montres) ou d'un balancier (horloges) ; chaque va-et-vient laisse avancer la roue d'un cran. Et avec la roue, les aiguilles qui lui sont attachées.

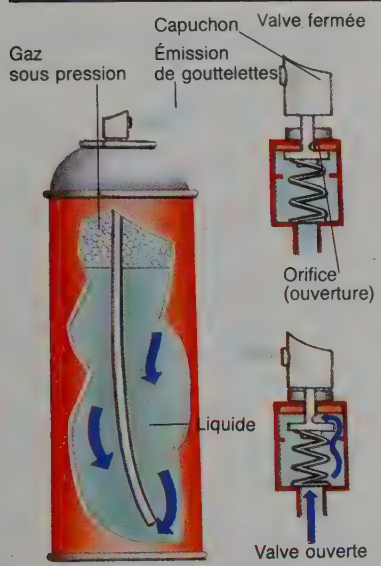


▸ Comment marche un fer à repasser ?

Un fer chaud aplanit les plis que présente un tissu juste lavé. La plupart des fers à repasser sont chauffés par l'électricité. A l'intérieur du fer, juste au-dessus de la plaque, se trouve une résistance électrique qui s'échauffe lorsqu'elle est traversée par le courant. Certains fers possèdent une petite réserve d'eau, pour humidifier les tissus trop secs.



Un fer à repasser électrique comporte un thermostat qui contrôle la température de la semelle en dosant l'arrivée du courant électrique dans la résistance. Dans les fers à vapeur la réserve d'eau est également chauffée par cette résistance et transformée en vapeur, qui sort par les trous de la semelle.



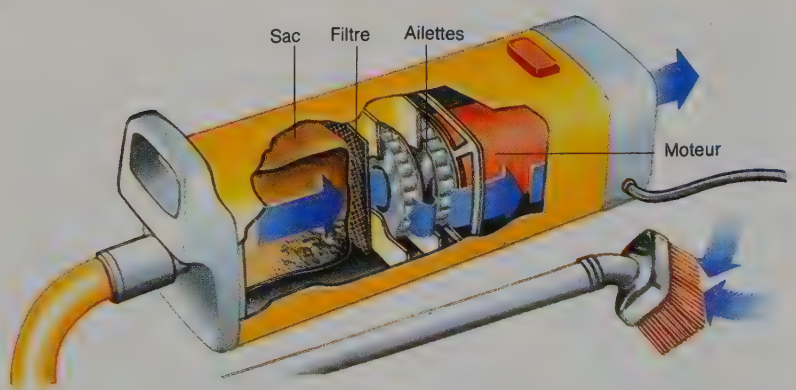
◂ Qu'est-ce qu'une bombe aérosol ?

Quand on presse le capuchon d'une bombe aérosol, un jet de fines gouttelettes pulvérisées jaillit au sommet. A l'intérieur du récipient, un gaz sous pression force le liquide à monter. Quand le poussoir est enfoncé, un minuscule orifice s'ouvre et le liquide jaillit.

Le gaz qui permet cette projection du liquide n'est pas soluble. Le sommet de la bouteille métallique, la « bombe », possède une valve à ressort. Elle ramène le capuchon à sa place lorsqu'on n'appuie plus dessus. Les bombes aérosols sont utilisées pour de nombreux usages : peintures, déodorants, laques, pesticides, etc. Comme elles renferment un gaz sous pression, il est dangereux de les exposer à la chaleur : elles pourraient exploser. Le gaz des bombes aérosols est considéré par certains comme un polluant pour l'atmosphère.

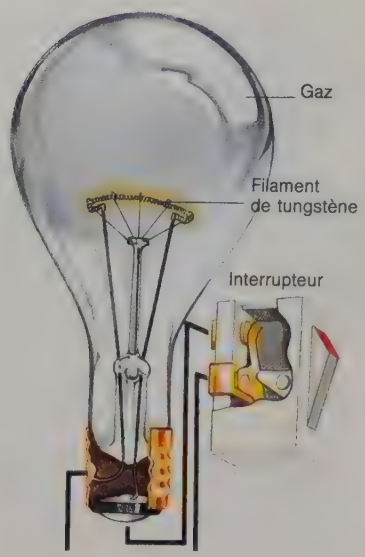
▸ Comment un aspirateur... aspire-t-il ?

Un aspirateur, comme son nom l'indique, est un appareil qui aspire l'air à l'une de ses extrémités, et le rejette filtré à l'autre extrémité. Les poussières qui se trouvent dans l'air aspiré sont emprisonnées dans un sac situé à l'intérieur. L'air dépoussiéré est rejeté.



C'est un moteur électrique qui provoque l'aspiration, en faisant tourner une hélice aspirante à l'intérieur de l'appareil.

L'entrée d'un aspirateur peut être munie de brosses qui soulèvent la poussière et les débris à aspirer. L'air souillé passe ensuite dans un tube, rigide ou souple, et aboutit dans le sac d'aspiration. Un filtre protège les ailettes du système d'aspiration.



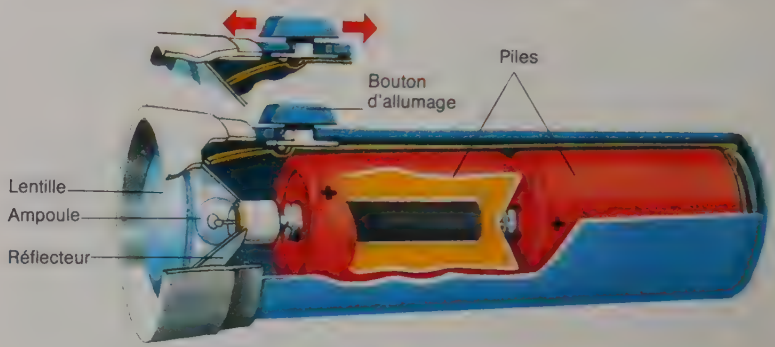
◄ Comment une ampoule électrique éclaire-t-elle ?

Quand on actionne l'interrupteur d'allumage d'une pièce, l'électricité circule de l'interrupteur vers l'ampoule. A l'intérieur de cette ampoule, il y a un fin filament métallique ; quand le courant électrique le traverse, il s'échauffe et devient très lumineux.

Le filament d'une ampoule électrique est en tungstène. Ce métal ne fond qu'à une température élevée ; donc il ne fond pas quand il s'échauffe pour donner de la lumière. Dans l'ampoule on a mis un gaz inerte, comme l'azote ou le krypton ; ils ne se combinent pas avec le tungstène (à la différence de l'oxygène, qui entraînerait la combustion du filament).

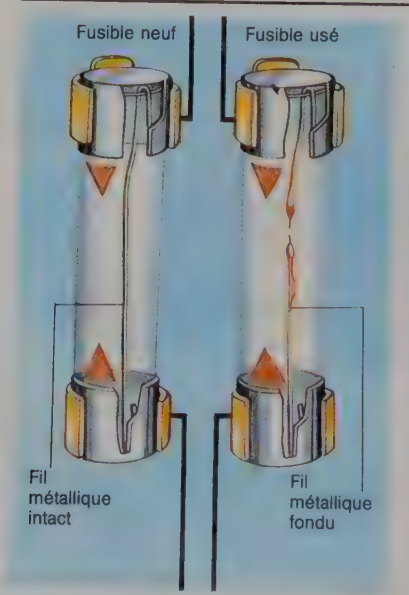
Ce filament émet de la lumière parce qu'il résiste au passage de l'électricité. Plus la chaleur et la lumière émises sont fortes, plus importante est la consommation d'électricité.

► Comment marche une lampe-torche ?



Quand on allume une lampe-torche, on laisse passer le courant provenant des piles placées à l'intérieur. Ce courant parvient à l'ampoule, qui s'éclaire. Derrière elle, un réflecteur argenté renvoie la lumière vers l'avant et crée un faisceau de lumière.

L'ampoule d'une lampe-torche fonctionne à la manière d'une mini-ampoule électrique d'habitation. Mais le courant qui l'éclaire, fourni par des piles, est nettement plus faible : 1 watt, contre 40 à 100 watts pour les ampoules d'habitation.



◄ A quoi sert un fusible ?

Par sécurité, tous les appareils électriques doivent être munis de fusibles. Il s'agit de petits tubes de porcelaine contenant un fil métallique très mince. Si une quantité trop importante de courant traverse ce fil, il fond. Ainsi le courant se trouve coupé et ne risque pas de déclencher un incendie en chauffant trop l'appareil qu'il alimente.

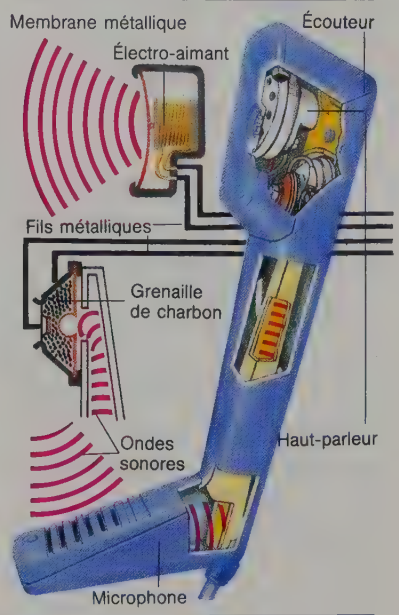
A son arrivée dans une maison ou un appartement, la ligne électrique traverse un compteur muni de fusibles (ou d'un dispositif de coupure du courant appelé disjoncteur). Si le courant électrique arrive en trop grande quantité, parce qu'il y a une trop forte demande, le fusible fond (ou le disjoncteur se déclenche). Une trop forte demande peut être due à un grand nombre d'appareils en service en même temps ; elle peut être due aussi à un court-circuit lorsque deux fils électriques se touchent.

► Comment fonctionne le téléphone ?

Quand vous parlez à quelqu'un au téléphone, un signal électrique part du micro. Il voyage le long des fils jusqu'à votre interlocuteur. Il arrive dans son écouteur et fait vibrer une petite membrane métallique située à l'intérieur ; ce sont les vibrations de cette membrane qui reproduisent les sons de votre voix. Il en va de même dans l'autre sens.

Dans le micro du combiné téléphonique une petite plaque métallique vibre lorsque l'on parle. Ces vibrations compriment plus ou moins de petits grains de charbon, qui offrent alors plus ou moins de résistance au passage du courant. C'est donc un courant variable qui voyage le long de la ligne.

A l'arrivée, ce courant actionne dans l'écouteur de l'autre combiné une membrane identique ; celle-ci va vibrer au même rythme et reproduire le son de départ.



◄ Comment peut-on insonoriser une pièce ?

Le son traverse le verre des fenêtres ; mais il est partiellement arrêté par le tissu : de gros rideaux devant une fenêtre étouffent donc une grande partie des bruits de la rue. Un double vitrage insonorise également.

Le son voyage dans l'air et se transmet dans les matériaux dont sont faits nos maisons. Toutefois, les ondes sonores se trouvent affaiblies en traversant, par exemple, un mur épais. Le verre d'une vitre est trop mince pour retenir les sons, mais deux panneaux de verres écartés l'un de l'autre piègent ces sons plus efficacement. Une pièce peut ainsi être insonorisée.

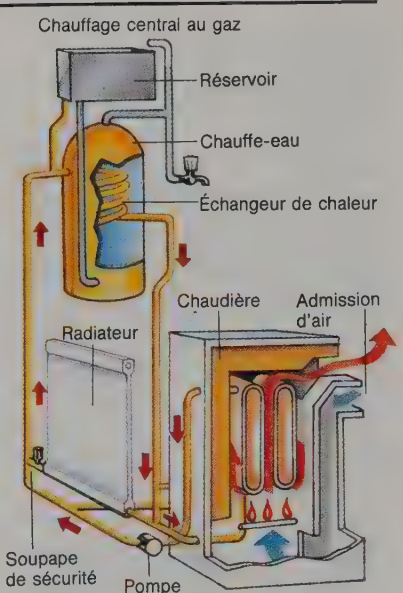
Des matériaux non rigides absorbent assez fortement les sons. C'est pourquoi les pièces qui servent de studios d'enregistrement n'ont pas de fenêtres ; murs et plafonds sont en outre revêtus de tissus épais, de liège ou de matière plastique, comme on le voit ici.

► Comment marche un chauffage central ?

Le chauffage central permet de chauffer l'ensemble d'une maison ou d'un immeuble. Chaque pièce possède un ou plusieurs radiateurs, alimentés par de l'eau chaude. Cette eau chaude provient d'une chaudière. Les radiateurs fonctionnent jusqu'à ce que la pièce ait atteint la température désirée. Ils se coupent alors grâce à un thermostat.

Dans la plupart des systèmes de chauffage central, l'eau chaude circule à travers des radiateurs. La chaudière peut utiliser différents combustibles pour chauffer l'eau : du gaz, du charbon, du mazout. Une pompe permet à l'eau de circuler dans tout le système, à travers un réseau de canalisations qui relient à la chaudière radiateurs et chauffe-eau.

Il existe aussi des systèmes utilisant de l'air chaud à la place de l'eau. Ces radiateurs sont alimentés par de l'électricité.

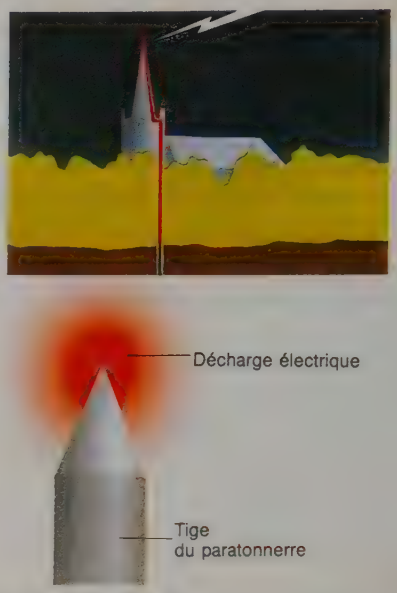


► Comment agit un paratonnerre ?

Un éclair qui jaillit dans le ciel est une énorme étincelle électrique reliant un nuage à la terre. Un paratonnerre est une tige de métal placée au sommet d'une habitation. Par sa hauteur et sa nature métallique, la tige attire la foudre. L'électricité est alors conduite à la terre par un câble, sans dommage pour l'habitation.

Les nuages d'orage sont chargés d'une grande quantité d'électricité. Comme le sol est lui aussi chargé d'électricité, il arrive qu'une décharge se produise entre le nuage et le sol : c'est l'éclair.

Les éclairs ont tendance à frapper surtout les points élevés, comme les arbres ou le toit des maisons. Si l'on fixe un paratonnerre sur les habitations, l'électricité de la foudre peut ainsi être conduite à la terre sans dommages.



◄ Pourquoi fait-il chaud dans une serre ?

Il fait plus chaud à l'intérieur d'une serre qu'à l'extérieur. C'est pourquoi les jardiniers s'en servent pour faire pousser des plantes plus vite. Les rayons du Soleil traversent le verre et chauffent le sol ; mais cette chaleur est bloquée. Elle ne peut plus ressortir.

La lumière solaire pénètre dans la serre même par temps couvert. Elle chauffe le sol et tout ce qui se trouve à l'intérieur. Mais le verre a la propriété de ne pas laisser passer la chaleur ainsi créée, celle-ci se trouve donc emprisonnée, piégée, dans la serre. A l'intérieur, la température monte, et elle devient supérieure à celle qui règne dehors.

Le même phénomène fait que la température est insupportable dans une automobile que l'on abandonne en plein soleil toutes vitres fermées.

► A quoi servent les antennes ?

Pour recevoir une émission de radio, ou de télévision, il faut une antenne. Cette antenne capte (reçoit) le signal électrique qui se déplace dans l'air et le conduit jusqu'au récepteur, qui le transforme en sons ou en images.

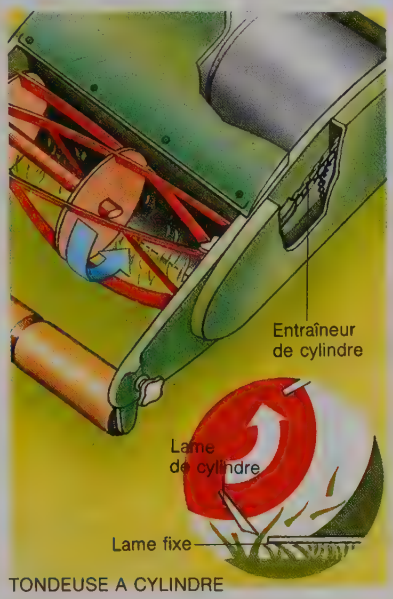
Les signaux de radio et de télévision sont des ondes invisibles émises par les antennes de puissants émetteurs. Quand ces ondes rencontrent un corps métallique, elles produisent un très faible courant électrique. Une antenne est donc un « capteur » d'ondes ; le faible courant qui la parcourt est dirigé vers le récepteur approprié, où il est amplifié et détecté.

L'antenne radio peut être un simple fil métallique, ou un enroulement de fils placé à l'intérieur du poste. En télévision, où il est nécessaire d'obtenir un signal fort, l'antenne doit être dirigée vers l'émetteur et comporter des barrettes qui augmentent sa sensibilité.

▼ Comment éclaire-t-on les rues ?

Les lampadaires qui éclairent nos rues et certaines portions de routes possèdent des ampoules ou des tubes électriques ; ils fonctionnent sur le même principe que ceux de nos habitations. Ces ampoules sont seulement plus puissantes et possèdent un réflecteur qui renvoie la lumière vers le bas.

Certaines ampoules ou tubes utilisés pour l'éclairage public renferment un gaz qui crée leur luminosité. Celles qui donnent une lumière orangée (utilisées pour les autoroutes) utilisent la vapeur de sodium ; le sodium se vaporise partiellement quand le courant électrique le traverse pour donner cette teinte orangée. Plus intenses sont les lampes à vapeur de mercure (utilisées pour l'éclairage des rues) ; cette vapeur émet de la lumière ultraviolette qui rend lumineux le revêtement extérieur de la lampe.



TONDEUSE A CYLINDRE

▲ Comment marche une tondeuse à gazon ?

Une tondeuse possède des lames qui coupent l'herbe en tournant : un cylindre garni de petites lames rabat l'herbe contre une lame fixe.

Dans ce type de tondeuse, dite à cylindre, les lames tournantes et la lame fixe agissent comme des ciseaux : on la pousse à la main et c'est le mouvement des roues qui fait tourner le cylindre coupant.

Certaines tondeuses à gazon sont munies d'un moteur, entraînant les lames disposées comme celles d'un ventilateur. Ce moteur est alimenté soit en essence, soit en électricité. Une boîte peut être fixée sur la tondeuse pour recueillir l'herbe qui vient d'être coupée.

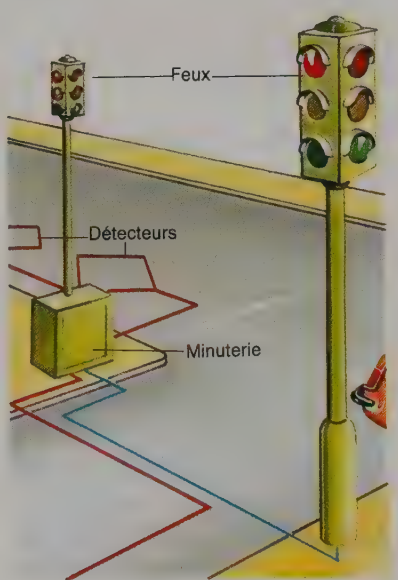
Les faucheuses sont surtout utilisées pour couper les grandes herbes et les broussailles. Leur moteur est également à essence ou électrique. Dans le premier cas on a l'avantage de l'autonomie ; dans le second cas il faut disposer d'une prise de courant assez proche.

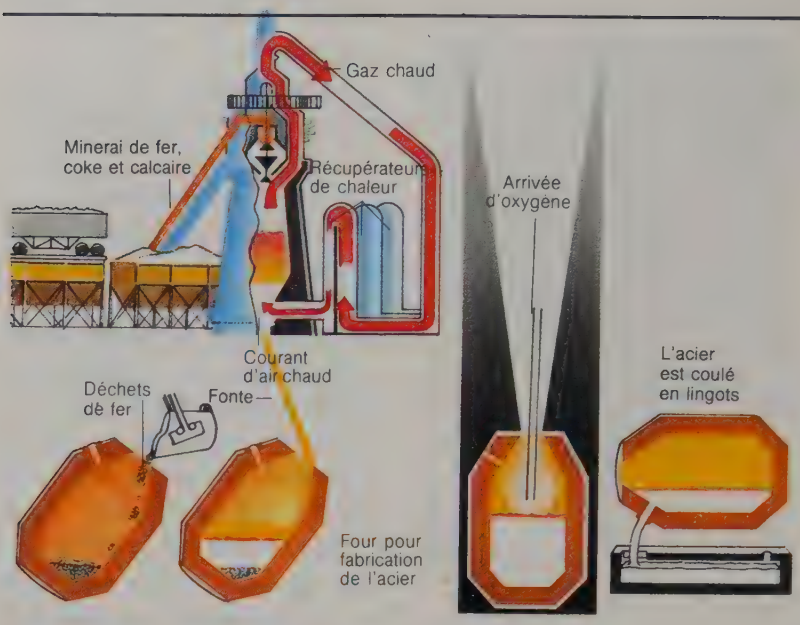
▼ Comment fonctionnent les feux tricolores ?

Les feux qui règlent le trafic automobile sont constitués d'ampoules et de trois « vitres » différentes : une verte, une orange et une rouge. Ces vitres sont disposées verticalement, rouge en haut. L'allumage des ampoules est commandé par une minuterie, parfois un ordinateur.

La plupart des feux tricolores changent à intervalles réguliers, programmés une fois pour toutes. Sur les grands axes, en ville, ils sont synchronisés, réglés pour qu'une automobile roulant à vitesse normale ne rencontre que des feux verts.

Certains feux sont contrôlés par un petit ordinateur relié à des détecteurs placés dans le revêtement de la route ; les temps d'arrêt et de passage sont alors calculés en fonction du trafic qui circule sur les deux voies. Ainsi, la route la plus fréquentée gardera le feu vert plus longtemps que l'autre. La circulation s'en trouve beaucoup améliorée.





◄ Comment fabrique-t-on l'acier ?

L'acier est fabriqué à partir du minerai de fer, que l'on extrait du sol. Ce minerai contient du calcaire. On le fait chauffer avec du charbon dans une grande tour appelée haut fourneau. On obtient alors de la fonte. Celle-ci est ensuite transformée en acier.

La fonte est donc obtenue par chauffage du minerai de fer dans un haut fourneau. Le calcaire et les autres produits contenus dans le minerai sont fondus et donnent une sorte de boue appelée « laitier ». Ce laitier surnage en surface tandis que la fonte s'accumule à la base du haut fourneau. La fonte renferme trop de carbone : on brûle ce qui est en trop en alimentant en oxygène. L'acier ainsi obtenu est coulé en lingots, dans des moules.

Pour modifier les propriétés de l'acier suivant l'utilisation envisagée, on y ajoute une petite proportion d'autres métaux : cobalt ou vanadium.

▲ A quoi sert l'acier ?

L'acier a de multiples usages : fabrication de tout petits objets (épingles ou aiguilles), construction de grands bâtiments, de ponts, de navires... La plupart des objets métalliques que nous utilisons contiennent de l'acier.

Si l'acier est tant utilisé, c'est parce qu'il est à la fois très résistant et bon marché. Il s'obtient à partir du fer, qui est un métal très courant. Le fer pur n'est pas très résistant. Il le devient si on y ajoute du carbone : on obtient alors de l'acier.

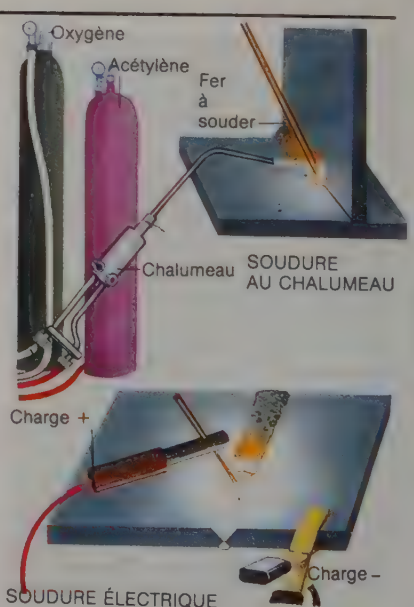
En ajoutant d'autres métaux on peut rendre l'acier encore plus résistant, pour la fabrication d'engrenages de machines, par exemple ; ou plus élastique, pour faire des pièces souples, comme des ressorts.

► Qu'est-ce qu'une soudure ?

La soudure est une technique qui permet de lier deux pièces de métal. Le soudeur utilise un appareil qui chauffe le métal à l'endroit où ces deux pièces doivent être jointes. On y dépose un métal qui fond facilement et les deux parties sont liées solidement l'une à l'autre lorsqu'on laisse refroidir.

L'appareil qui permet d'effectuer des soudures est un chalumeau. Il brûle des gaz comme l'acétylène ou l'hydrogène, et on l'alimente en oxygène pour produire une flamme très chaude. Certains chalumeaux peuvent ainsi être utilisés sous la mer.

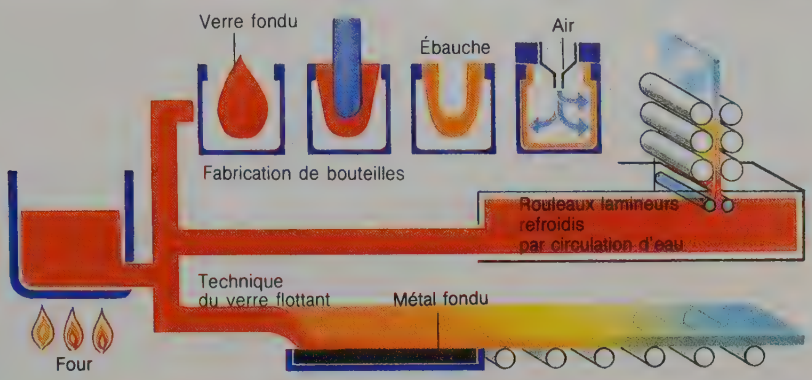
Il existe également des appareils de soudure électrique. Un fort courant électrique est appliqué à l'endroit où l'on veut joindre les deux pièces de métal. En même temps que le soudeur rapproche les deux pièces, il peut utiliser une baguette du même métal, qui fond par-dessus, ce qui renforce la soudure.



▸ De quoi est fait le verre ?

Le verre se fabrique à partir de sable, de chaux et de soude. Ces trois produits, chauffés dans un four, donnent du verre fondu. Avant qu'il se refroidisse, ce verre est mis en forme. Quelques autres produits peuvent être ajoutés pour le colorer, au besoin.

Le sable est prélevé dans des carrières et doit être très pur.



La soude est un sel, et la chaux provient de roches comme le calcaire. Le verre ainsi obtenu est utilisé dans la fabrication des bouteilles, de vitres, d'ampoules... Si l'on y ajoute de la potasse on obtient du verre pour lentilles ; une addition de plomb donne un verre de grande qualité : le cristal.

◂ Comment le verre est-il coloré et mis en forme ?

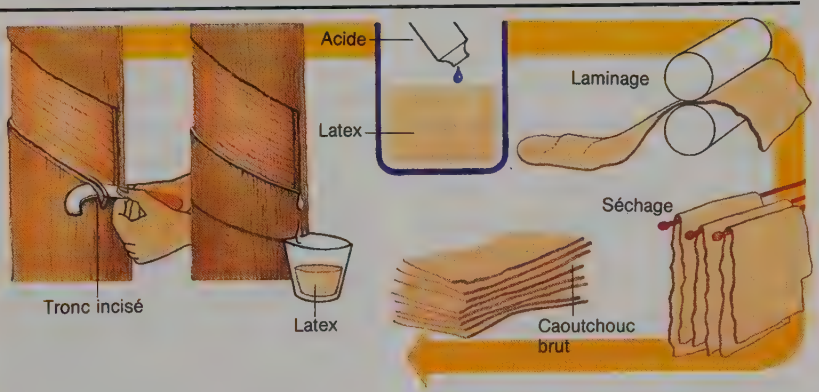
On colore le verre en y incorporant certains métaux avant sa fusion. Les souffleurs de verre savent obtenir toutes sortes de formes en soufflant dans des tubes de verre en fusion.

La couleur verte des bouteilles vient de ce que l'on incorpore du fer dans le sable avant de le faire fondre. D'autres métaux permettent d'obtenir des couleurs très variées.

Les plaques de verre qui servent pour les vitres des fenêtres s'obtiennent en coulant du verre fondu sur des tapis roulants. Le verre s'étale en plaques puis se solidifie. La technique du flottage permet d'obtenir des plaques de verre de faible épaisseur ; elle consiste à faire flotter le verre sur de l'étain en fusion ; le métal, plus dense, reste dans le fond de la cuve, le verre glissant par-dessus.

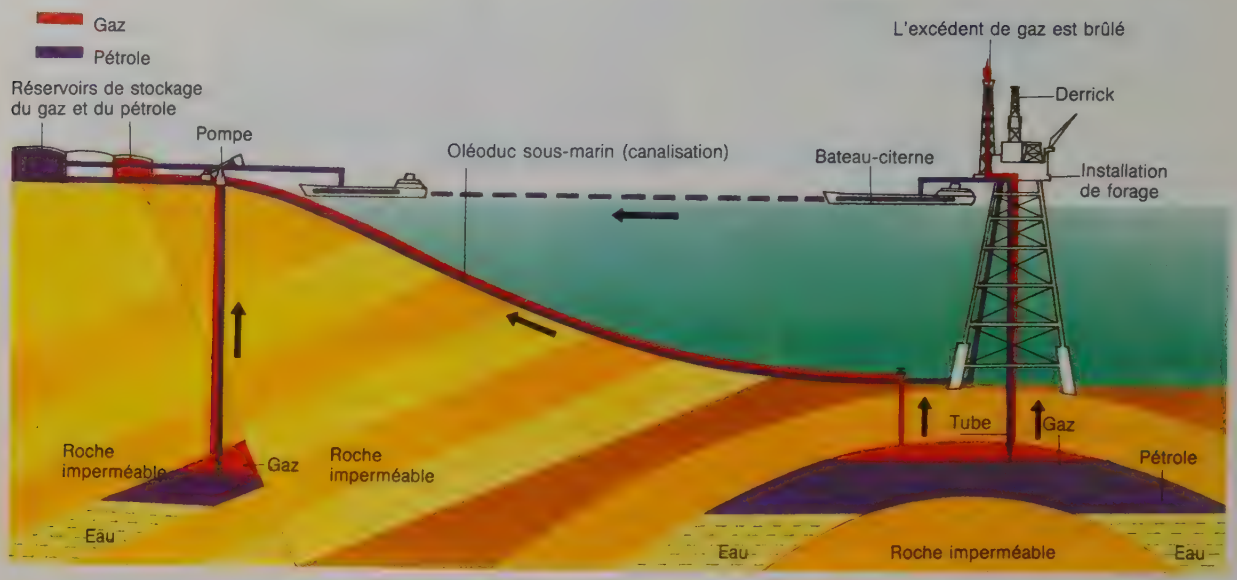
▸ D'où vient le caoutchouc ?

Le caoutchouc naturel provient d'un arbre appelé hévéa ; il pousse dans les régions tropicales. L'écorce de l'arbre est entaillée et laisse s'écouler un liquide blanc : le latex. C'est à partir du latex qu'on fabrique le caoutchouc naturel. Mais la plupart des caoutchoucs actuels sont synthétiques ; ils sont obtenus à partir de produits chimiques.



Les arbres à caoutchouc sont fendus pour laisser s'écouler le latex, qui est récupéré ; c'est un liquide poisseux qui a l'aspect du lait.

Ce caoutchouc brut est mélangé à des colorants et à des produits chimiques qui le renforcent. Puis il est placé dans des machines qui lui donnent la forme désirée, pour obtenir des pneus, des tuyaux, etc.



▲ D'où provient le gaz naturel ?

Le gaz naturel est tiré du sous-sol, terrestre ou marin. Des forages sont effectués pour aller le chercher. Puis on le dirige par de grosses canalisations jusqu'à une usine de traitement. De là il repart, à travers un réseau de canalisations plus petites, vers les usagers.

Le gaz naturel se trouve dans des cavités naturelles. Il est produit par la décomposition d'animaux et de plantes qui vivaient il y a plusieurs millions d'années. Ce gaz est souvent présent dans les réserves de pétrole.

Le gaz naturel est surtout composé de méthane, qui n'a pas d'odeur ; on lui ajoute des produits odorants de manière à pouvoir découvrir rapidement une fuite dans les canalisations. Le méthane sert aussi à la production d'alcool méthylique et de butane, autre gaz domestique qu'on livre en bouteilles.

▲ Comment obtient-on le pétrole ?

De grands dépôts de pétrole reposent sous la mer ou sous la terre. Pour puiser ce pétrole on creuse un trou, on effectue un forage jusqu'au dépôt. Ensuite il est acheminé par des canalisations appelées oléoducs.

On repère l'emplacement des gisements de pétrole en provoquant, entre autres, des séismes artificiels. Des ingénieurs font exploser de petites charges à quelques mètres sous terre, et l'on recueille les vibrations en plusieurs points tout autour sur des sismographes (page 96). La façon dont les secousses ont traversé les roches indique la structure du sous-sol. Le pétrole est souvent piégé sous des roches imperméables, et surmonté d'une couche de gaz naturel.

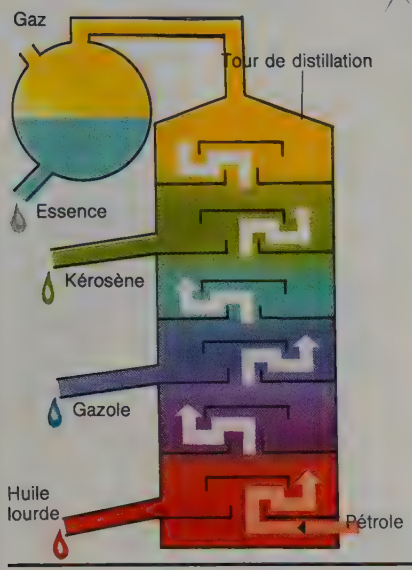
Une fois le forage effectué, le pétrole, qui est une huile, remonte dans le tube. Puis on le dirige vers des réservoirs de stockage. De là il repart directement vers la raffinerie ou vers un terminal pétrolier.

▲ Comment fonctionne un derrick ?

Le derrick est la partie principale d'une installation de forage pétrolier. C'est une tour métallique qui supporte le tube, terminé par un trépan, qui va creuser le sol jusqu'à atteindre le gisement de pétrole.
L'installation de forage peut aussi être placée sur une plate-forme flottante, en mer.

La plupart des foreuses se terminent par une sorte de disque métallique très dur : le trépan. En tournant sur lui-même, il perce la carapace rocheuse qui sépare le gisement de la surface. Au fur et à mesure que le trépan s'enfonce, on rajoute des tubes pour aller de plus en plus profondément.

Quand le gisement est atteint, le pétrole remonte par le tube de forage. Arrivé en surface, il est envoyé dans un oléoduc ou des réservoirs de stockage. Pour les forages en mer le procédé est le même.



◄ Comment produit-on de l'essence ?

L'essence est extraite du pétrole que l'on va chercher dans le sous-sol. C'est dans une usine appelée raffinerie que s'effectue cette extraction. Le pétrole brut y est distillé, c'est-à-dire chauffé ; sa vapeur, une fois refroidie, se condense en un liquide clair : l'essence.

L'essence n'est pas le seul produit que l'on retire du pétrole. Le raffinage de cette huile permet également d'obtenir bien d'autres produits : du kérosène (carburant pour avions et fusées), des huiles de lubrification, et de la paraffine, par exemple. Il s'agit, comme l'essence, de produits de condensation ; mais ils sont obtenus à des températures différentes.

Une autre technique de raffinage est le « cracking ». Elle consiste à « craquer » les molécules des huiles lourdes en les chauffant sous pression. On obtient alors des produits qui servent dans la fabrication des matières plastiques.

► Comment fabrique-t-on les matières plastiques ?

Les matières plastiques proviennent de produits chimiques extraits du charbon et du pétrole. Ces produits sont chauffés de telle manière qu'ils se combinent entre eux pour donner un nouveau matériau. Les plastiques se moulent parfaitement pour prendre les formes les plus diverses.

Les produits chimiques qui entrent dans la composition des plastiques sont faits de petites molécules. Il s'agit de réunir ces molécules pour en faire de longues chaînes. Ainsi, les molécules du gaz éthylène peuvent former une molécule géante correspondant à une nouvelle substance appelée polyéthylène : c'est une matière plastique. Les substances composées de longues chaînes de molécules sont appelées polymères.

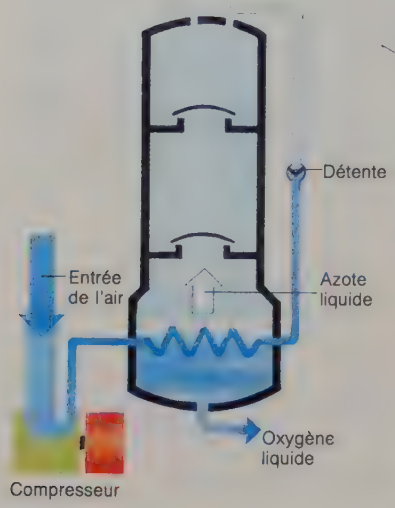
Certains plastiques ramollissent à la chaleur ; d'autres durcissent, au contraire, quand ils sont chauffés : ils sont « thermodurcissables ».

▲ A quoi servent les plastiques ?

Les matières plastiques sont très utilisées en raison de leur grande variété. Elles peuvent être dures ou souples, rigides ou flexibles, transparentes ou colorées. On les trouve partout, même sous forme liquide dans certaines peintures et colles.

Les matières plastiques courantes sont faites de longues chaînes de molécules flexibles, qui donnent une matière souple : exemple les vinyls (disques microsillons), les polyéthylènes (sacs), le nylon (tissu).

Les plastiques thermodurcissables possèdent des molécules fortement liées les unes aux autres, ce qui donne à la matière une grande rigidité. La mélamine est un de ces plastiques, utilisée pour les ustensiles de table. Les résines époxy entrent aussi dans cette catégorie ; on les utilise pour recouvrir le bouclier de rentrée dans l'atmosphère des cabines spatiales.



▲ Qu'est-ce que l'air liquide ?

Pour devenir liquide, l'air doit être refroidi. Vers – 200 °C, les différents gaz qui le composent se trouvent transformés en liquides. L'air liquide est conservé dans des réservoirs spéciaux, très bien isolés. Car s'il se réchauffe, il redevient gazeux et s'évapore.

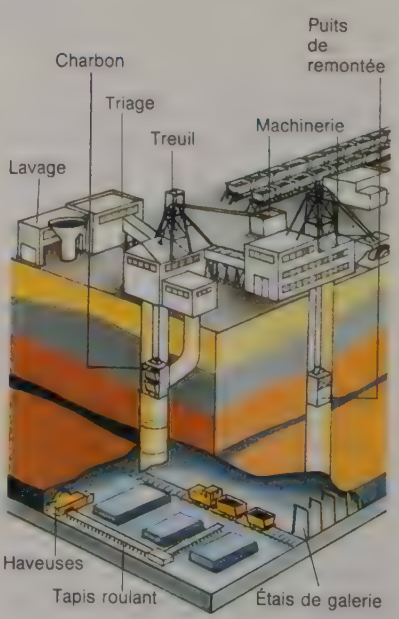
On liquéfie l'air en le comprimant, puis en le laissant se détendre brusquement. Cette détente provoque un abaissement important de la température. En renouvelant l'opération plusieurs fois de suite on parvient à descendre ainsi aux environs de – 200 °C. A cette température, les deux constituants essentiels de l'air, l'azote et l'oxygène, deviennent liquides et facilement séparables. C'est pourquoi on liquéfie l'air.

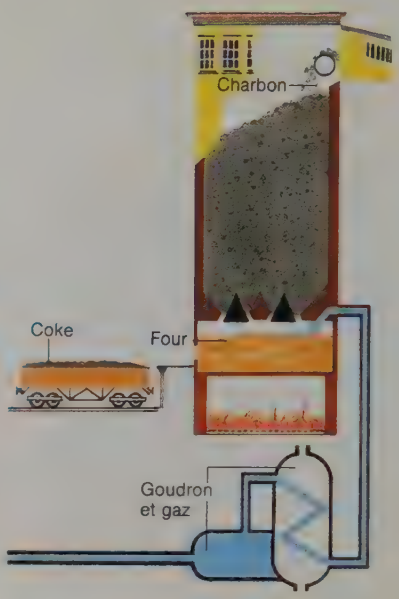
Injecté dans des terrains gorgés d'eau, l'azote liquide les solidifie et permet d'y creuser des excavations. L'oxygène liquide est surtout utilisé pour la propulsion des fusées.

▼ Comment extrait-on le charbon ?

Le charbon se trouve en couches (ou filons) dans le sous-sol de certaines régions. Il arrive aussi qu'il affleure en surface ; on l'exploite alors dans des mines à « ciel ouvert ». Sinon il faut creuser des puits et des galeries pour l'atteindre.

À « ciel ouvert » on utilise d'énormes excavateurs pour creuser car il y a de la place. Dans les galeries de mines souterraines, au contraire, la place est limitée. Les mineurs descendent par des puits, qui servent aussi à remonter le charbon excavé. Le charbon est extrait des galeries horizontales au moyen de haveuses. Un réseau de voies ferrées souterrain permet de transporter le charbon par wagonnets jusqu'au puits de remontée. Pour maintenir un air respirable, de puissants ventilateurs sont installés dans les galeries ; celles-ci peuvent mesurer plusieurs kilomètres de long.





▲ A quoi sert le charbon ?

Certains logements sont encore chauffés au moyen de poêles à charbon. Le charbon peut aussi être transformé en gaz dans des usines spéciales ; ce gaz est ensuite acheminé chez les usagers pour alimenter des fours et des cuisinières. Des matières plastiques, des médicaments et des colorants sont également extraits du charbon.

Le coke est une variété de charbon obtenue en chauffant du charbon de mine ; il brûle sans fumée ni odeur. On l'utilise surtout dans les hauts fourneaux pour la fabrication de l'acier.

Le charbon donne également du goudron et du gaz. Ces deux produits sont très utiles ; traités dans des usines chimiques, ils permettent d'obtenir une foule d'autres produits : matières plastiques, peintures, engrais, insecticides, cosmétiques, etc.

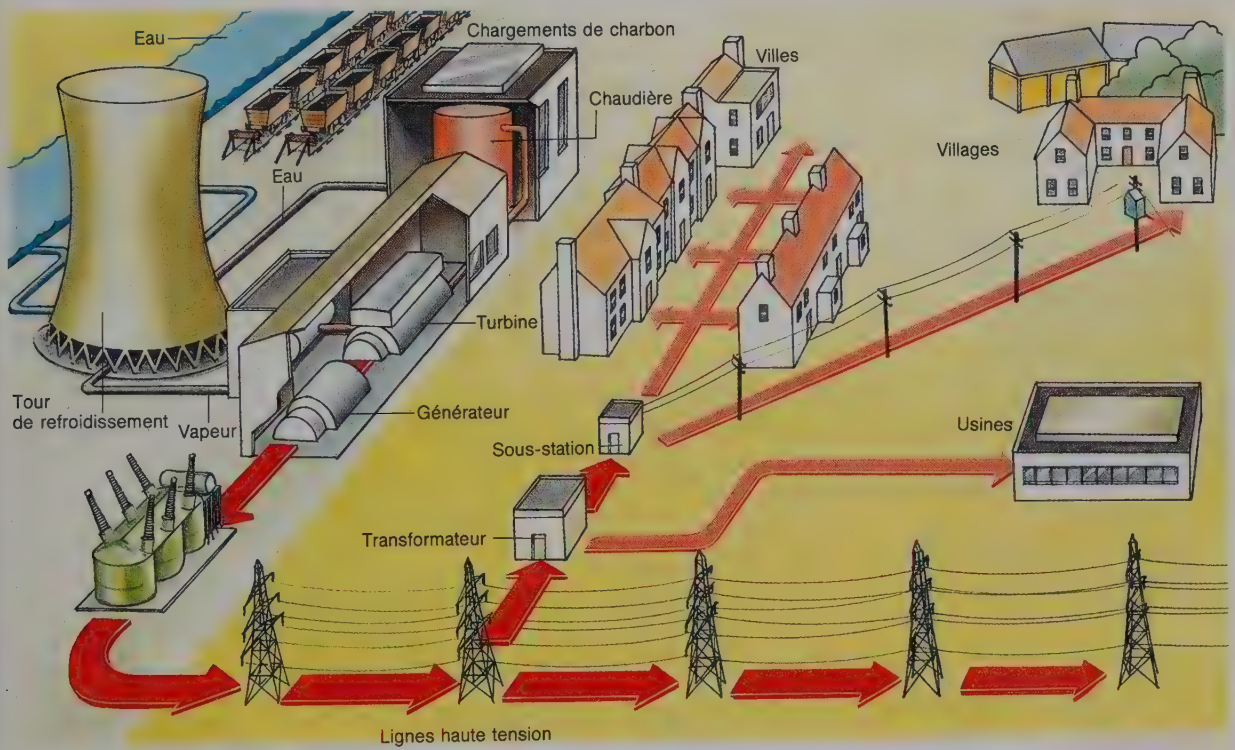
En chauffant du charbon avec de l'hydrogène, on obtient des hydrocarbones, utilisés comme combustibles.

▼ Comment marche une centrale électrique ?

Notre électricité provient de centrales électriques. Le cœur d'une centrale, c'est le générateur. Il s'agit d'un énorme aimant tournant à l'intérieur d'un bobinage de fil de cuivre. La rotation de l'aimant est assurée par une turbine à vapeur.

La chaudière d'une centrale fournit de la vapeur à très haute pression. L'eau est chauffée par un combustible (gaz naturel, charbon ou pétrole). Dans les centrales nucléaires c'est un réacteur (page 64) utilisant la désintégration de l'uranium qui fournit cette chaleur. Dans tous les cas, la vapeur ainsi produite est envoyée sur les ailettes d'une turbine ; celle-ci tourne alors à grande vitesse en entraînant le générateur. La vapeur est récupérée pour être envoyée dans une tour de refroidissement ; elle redonne, par condensation, de l'eau qui repart vers la chaudière pour être chauffée à nouveau.

C'est en tournant à grande vitesse à l'intérieur des enroulements de fil métallique (bobinage) que le champ magnétique du rotor provoque l'apparition d'un puissant courant électrique. Ce courant est ensuite acheminé de la centrale vers les utilisateurs.

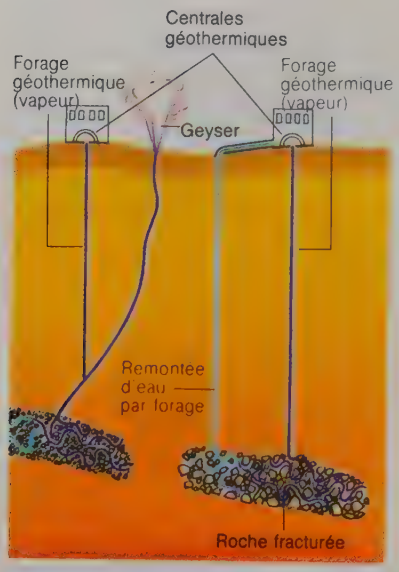


▲ Comment l'électricité arrive-t-elle dans les habitations ?

A partir de la centrale productrice, le courant emprunte des lignes à haute tension. Après passage dans une série de transformateurs qui abaissent progressivement son voltage, ce courant électrique parvient dans les usines, les bureaux et les habitations. Les lignes électriques peuvent être aériennes ou souterraines.

Lorsque le courant électrique quitte la centrale, sa tension est de 400 000 volts au minimum. La raison en est qu'un courant s'affaiblit d'autant plus vite dans une ligne électrique que sa tension est basse ; pour limiter les pertes, car le courant voyage parfois sur des centaines de kilomètres, on augmente donc sa tension au départ.

Le courant électrique qui part d'une centrale circule à travers un vaste réseau de lignes à haute tension. Certaines usines reçoivent directement un courant à haute tension, mais pour les usages domestiques il faut abaisser cette tension entre 100 et 250 volts. Cette opération est effectuée dans des transformateurs (page 60). De plus en plus on généralise les arrivées de courant par câbles souterrains.



◄ Comment peut-on exploiter l'énergie de la Terre ?

L'intérieur de notre planète est très chaud. En certaines régions du monde cette chaleur parvient près de la surface. De l'eau chaude ou de la vapeur peut alors jaillir à l'air libre. Mais on peut aussi forer des trous pour aller chercher cette eau chaude, qui servira à chauffer des habitations ; on obtient aussi de la vapeur pour faire tourner une centrale électrique.

Cette énergie du sous-sol s'appelle l'énergie géothermique. Elle est facile à exploiter dans les régions volcaniques. De l'eau chaude existe en effet dans des poches situées à faible profondeur. Lorsque de la vapeur jaillit à l'air libre, on a un geyser.

La géothermie est également exploitable dans les régions non volcaniques, bien que l'eau y soit moins chaude.

► A quoi sert une éolienne ?

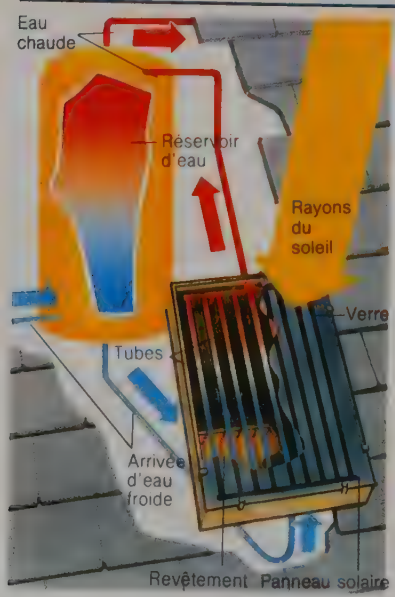
Les grandes éoliennes ont des ailes qui ressemblent à d'énormes hélices d'avion. Ces ailes sont reliées à un générateur qui, en tournant, produit de l'électricité. Elles peuvent ainsi alimenter en courant plusieurs milliers d'habitations.

Les petites éoliennes servent surtout à pomper de l'eau.

Les petites éoliennes possèdent une dérive (sorte d'aileron), placée derrière les pales, afin que celles-ci s'orientent bien dans le sens du vent. Les grands modèles ont un système de commande qui les oriente automatiquement.

Les plus grandes éoliennes, ou aérogénératrices, ont des hélices de 60 mètres de long, placées au sommet de tours de 100 mètres de haut. L'énergie du vent captée par ces hélices est transformée en électricité.

Aérogénératrice à Gedser (Danemark)



◄ Comment capte-t-on l'énergie solaire ?

La chaleur du Soleil peut être captée au moyen de panneaux placés sur le toit des maisons ou des immeubles. Ainsi piégés, les rayons solaires chauffent de l'eau. Cette eau chaude peut être utilisée pour le chauffage, la cuisine ou la toilette.

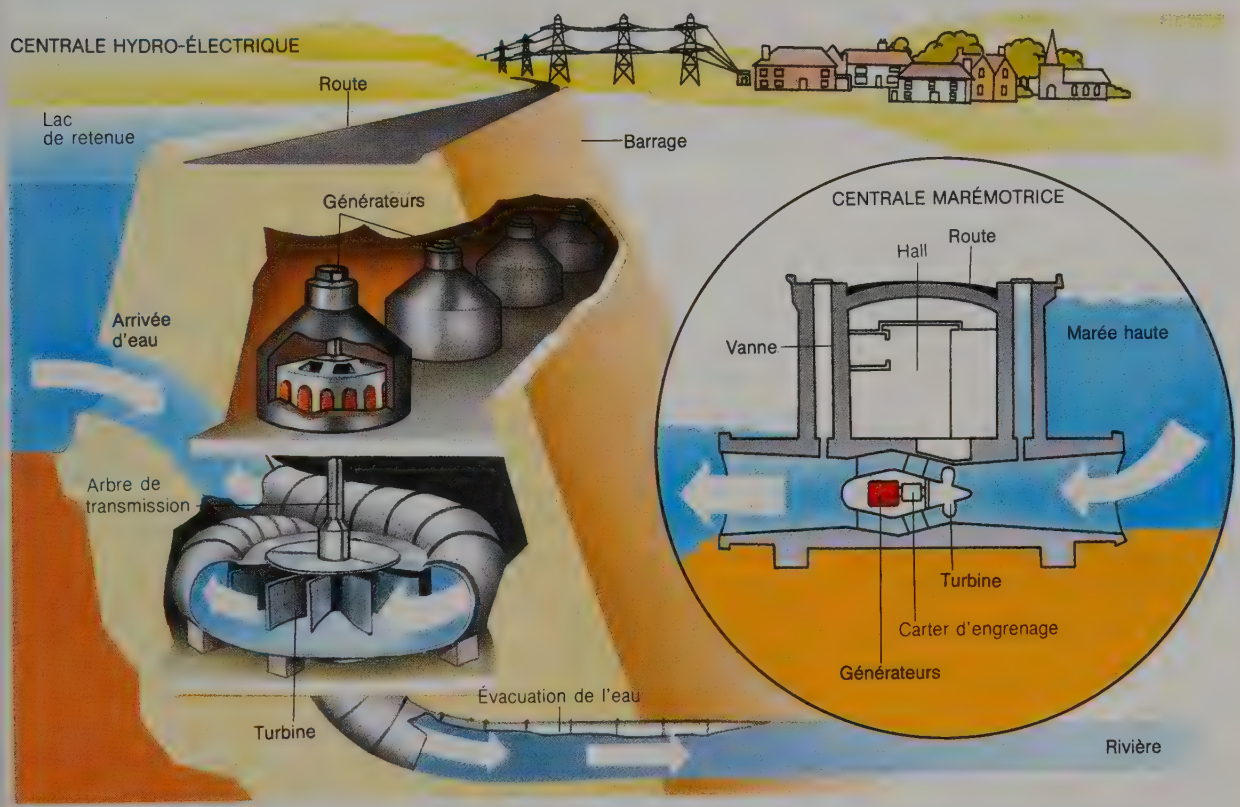
Les panneaux solaires sont recouverts d'un vitrage qui bloque la chaleur comme le verre de la serre des jardiniers. Les tuyaux d'eau qui circulent derrière sont peints en noir pour absorber encore mieux cette chaleur. L'eau ainsi chauffée est conduite dans un réservoir où elle transmet sa chaleur à l'eau qui circule dans les canalisations de la maison. L'eau du réservoir, refroidie, repart ensuite vers le capteur pour être réchauffée à nouveau.

La chaleur captée le jour peut aussi être stockée pour être utilisée la nuit. Les chercheurs étudient des techniques de stockage intersaisonnier, pour utiliser l'hiver la chaleur reçue pendant l'été.

▼ Comment l'eau donne-t-elle de l'électricité ?

L'hydro-électricité est produite par des centrales qui utilisent la force des chutes d'eau, ou celle de l'eau retenue par des barrages. L'électricité ainsi obtenue n'est pas différente de celle des autres centrales.

Les centrales hydro-électriques, à la différence des centrales thermiques (qui utilisent du pétrole ou du charbon), ne font pas appel à un combustible ; elles ne peuvent fonctionner que si de l'eau tombe depuis une grande hauteur ; c'est ce qui se passe dans les chutes d'eau captées lorsqu'elles descendent de la montagne, ou dans les barrages de retenue ; dans ce dernier cas, l'eau passe de l'autre côté du barrage, à son pied, par des conduites. Elle possède alors une grande force. Dans les deux cas elle fait tourner, au passage, une turbine. Celle-ci actionne un générateur qui produit de l'électricité (page 27). Les centrales hydro-électriques ont l'avantage de produire une électricité bon marché, mais leur fourniture est irrégulière suivant le débit ou le niveau de l'eau, et dépend donc du climat.



▲ Comment exploite-t-on l'énergie de la mer ?

On peut tirer de l'énergie de la mer en utilisant la force des marées. A mesure que la marée monte et descend, l'eau s'engouffre puis se retire dans l'estuaire des fleuves. Il suffit de placer un barrage dans l'estuaire pour que le flux et le reflux des eaux actionnent une turbine, comme dans un barrage hydro-électrique. Il n'existe pour l'instant que deux usines marémotrices dans le monde ; la plus puissante barre l'estuaire d'une petite rivière de Bretagne : la Rance.

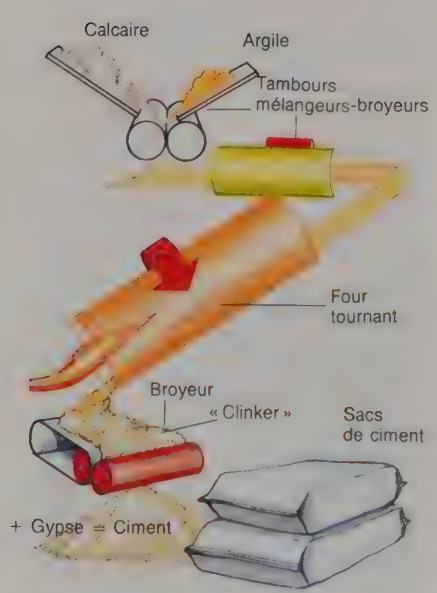
Comme les centrales hydro-électriques, les centrales marémotrices ne consomment aucun combustible. Elles coûtent très cher à la construction, mais à la longue leur électricité est fournie presque gratuitement.

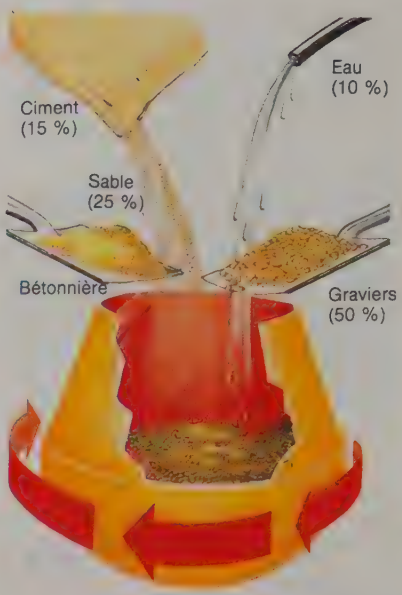
Pour installer une centrale marémotrice, il faut que l'amplitude de la marée soit assez forte. Cela se produit dans l'estuaire de rivières étroites ou dans certaines baies. Des sites possibles sont l'estuaire de la Severn, en Grande-Bretagne, et la baie de Fundy au Canada. L'amplitude des marées y atteint 16 mètres. L'autre usine marémotrice qui existe se trouve en Sibérie.

▼ De quoi est fait le ciment ?

Le ciment sert à coller les briques et les pierres qui forment les murs et les cloisons des maisons. Il est composé de calcaire et d'argile, mais peut contenir aussi de la craie et du sable. Ces matériaux sont introduits dans une énorme machine qui les broie en poussière et les mélange. Le tout est ensuite chauffé dans un four spécial. Après refroidissement on obtient une poudre grise : le ciment.

Les principaux minéraux qui entrent dans la composition du ciment sont la chaux, tirée surtout du calcaire, la silice et l'alumine, extraites de l'argile ; on y trouve aussi parfois du minerai de fer. Ces différents composés sont broyés puis placés dans un four tournant, chauffé pendant plusieurs heures à 1 500 °C. On obtient alors le « clinker », que l'on mélange à du gypse après l'avoir réduit en poudre.





▲ Comment fait-on le béton ?

Le béton s'obtient en mélangeant des graviers ou de petites pierres avec du sable et du ciment. Il faut ensuite ajouter de l'eau à ce mélange, qui est remué à l'intérieur d'une bétonnière. Le béton est une sorte de pâte qui durcit en séchant et devient aussi dure qu'une pierre. Il est plus résistant que le ciment utilisé seul. C'est pourquoi il sert à construire les immeubles, les ponts ou les barrages.

Les bétonnières, qui servent à la préparation du béton, sont de grandes cuves métalliques ; elles tournent lentement sur elles-mêmes afin de bien mélanger sable, graviers et ciment.

Après addition d'eau, le béton est coulé dans un moule fait de planches, que l'on appelle un coffrage. On peut ainsi obtenir toutes sortes de formes. Pour augmenter encore la résistance du béton, on place des barres d'acier dans le coffrage : c'est alors du « béton armé ».

▼ Comment construit-on un gratte-ciel ?

Les gratte-ciel sont de très hauts immeubles. Comme leur nom l'indique, ils paraissent grimper à l'assaut du ciel. Tout d'abord, on creuse dans le sol une immense excavation, les fondations du bâtiment doivent être solidement ancrées. Sur ces fondations est construite une ossature métallique. C'est l'équivalent d'un squelette sur lequel on fixe ensuite les murs extérieurs, les baies vitrées et les cloisons.

Les fondations d'un gratte-ciel consistent essentiellement en des poteaux de béton armé coulés dans des trous creusés dans le sol. Si le sol est constitué de roches, l'« attache » du bâtiment est plus facile.

Des poutrelles métalliques s'élèvent ensuite progressivement, souvent autour d'un gros pilier central de béton qui renferme les escaliers et les ascenseurs. C'est ce pilier et l'ossature qui donnent sa rigidité au bâtiment, et non les murs, comme dans une maison.

► Comment démolit-on les immeubles et les cheminées d'usine ?

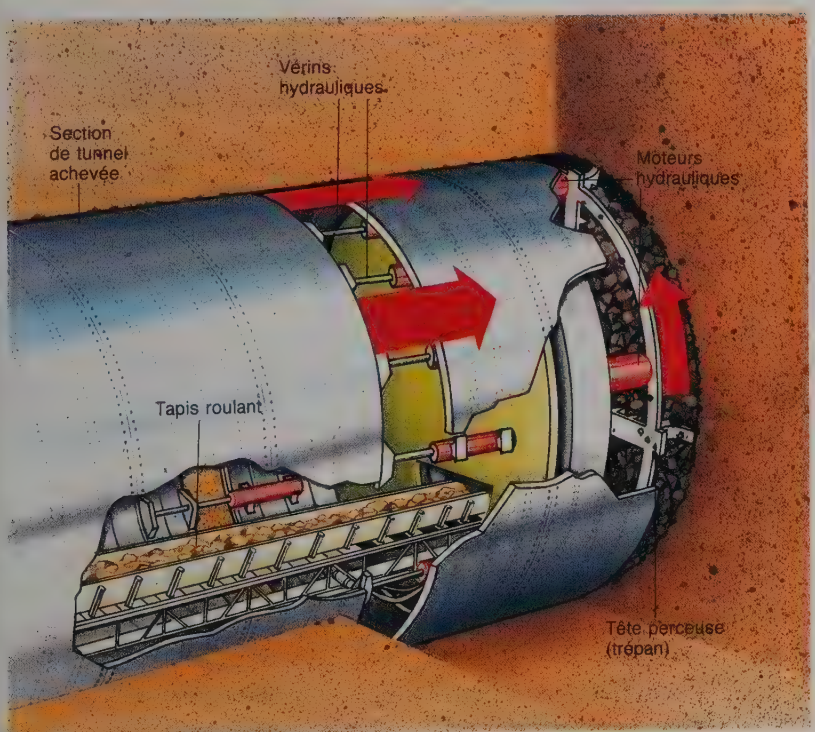
Les démolisseurs qui doivent raser de grands bâtiments et de hautes cheminées d'usine doivent avant tout prendre garde à ce qu'ils ne s'écroulent pas sur les bâtiments voisins. Parfois il n'est pas possible de faire autrement que de les démolir pierre par pierre.

Le plus souvent on utilise des explosifs. S'ils sont bien placés, ces explosifs font s'écrouler la construction sur elle-même, sans que des parties basculent alentour. Il faut pour cela affaiblir les murs porteurs ou l'ossature.

Pour faire tomber une cheminée d'une seule pièce, dans la direction choisie, on perce un trou à la base de celle-ci, justement dans cette direction. Une charge explosive fait le reste, sans danger pour personne.

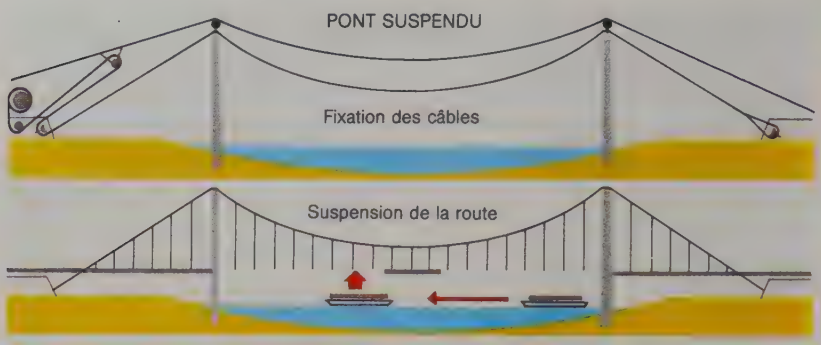
▼ Comment creuse-t-on un tunnel ?

La plupart des tunnels sont creusés directement dans la montagne à l'aide de machines spéciales. Ces machines ressemblent à d'énormes foreuses qui entaillent la roche. Leur face de travail, le « bouclier », est munie de pièces en rotation, qui éjectent vers l'arrière la terre et les roches excavées. Un tapis roulant les dirige vers des camions, qui les évacuent.



Au fur et à mesure du percement, il faut consolider les murs du tunnel pour éviter des effondrements ; cette consolidation s'effectue avec des poutrelles et des panneaux.

Lorsque les conditions sont bonnes, il est possible de percer un tunnel routier ou ferroviaire, dans une montagne, au rythme de 5 mètres par heure. La progression est plus lente et plus difficile dans un terrain gorgé d'eau. Il faut alors évacuer l'eau qui menace d'inonder le tunnel au fur et à mesure de son percement. Certaines machines utilisées doivent alors être étanches.



▲ Comment construit-on un pont ?

La plupart des ponts reposent sur des supports appelés « piles ». Ces piles sont édifiées dans le lit même de la rivière. Lors de la construction, un mur est élevé tout autour pour détourner l'eau. Les ponts suspendus sont soutenus par des câbles tendus entre deux tours élevées, construites sur chacune des rives.

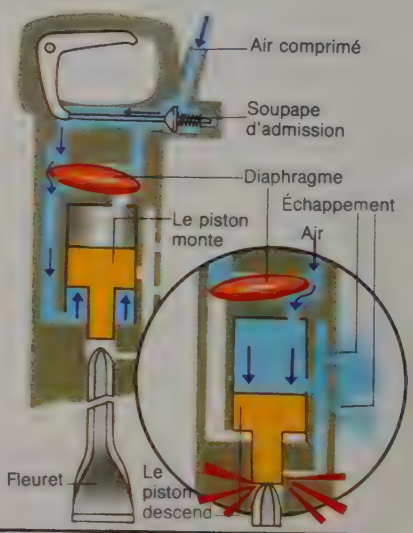
Les ponts de grande longueur ont une forme arquée ; tout le poids est alors supporté par les piles, aux extrémités de l'arche. Un réseau de poutrelles peut aussi être édifié au-dessus et au-dessous de la chaussée du pont, pour la renforcer et l'empêcher de s'effondrer.

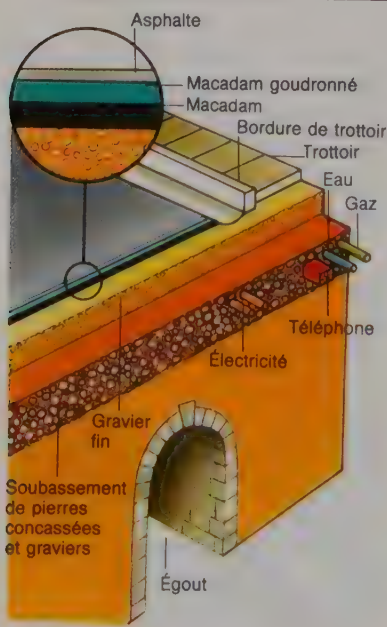
Les ponts basculants comprennent deux parties qui se séparent au milieu ; chacune d'elles repose sur une pile située à chaque extrémité du pont.

► Comment fonctionne un marteau-piqueur ?

Le marteau-piqueur est utilisé pour creuser des tranchées dans les routes. Cet appareil possède une lame métallique (fleuret) mobile très résistante qui entaille le revêtement. L'enfoncement est obtenu par une série de secousses provoquées par de l'air comprimé.

Les marteaux-piqueurs sont des marteaux pneumatiques. De l'air comprimé pénètre dans le bas de l'appareil et chasse un piston vers le haut, qui attire avec lui le fleuret. Alors, un diaphragme se ferme, obligeant l'air à pénétrer cette fois par le haut. Le piston est donc chassé vers le bas, et le fleuret descend. A nouveau le piston est chassé vers le haut et ainsi de suite.





◄ Comment construit-on une route ?

Avant de construire une route il faut d'abord aplanir le sol. Puis on place un soubassement de pierres et de graviers tassés, recouvert ensuite d'une couche de béton mélangée à de l'argile ou du goudron (macadam). Vient ensuite le revêtement en asphalte. Il faut prévoir une forme légèrement bombée pour évacuer l'eau de pluie vers les côtés.

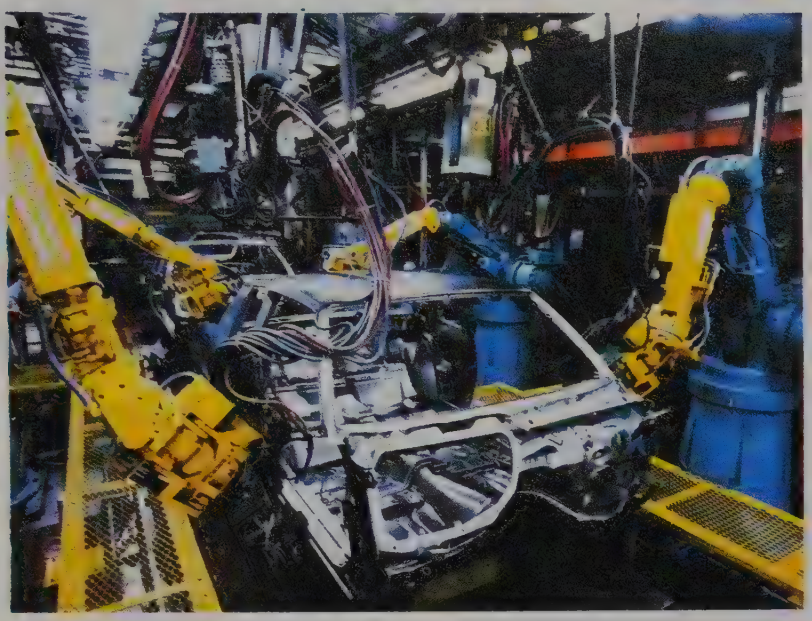
Les autoroutes doivent être recouvertes d'un revêtement très dur afin de pouvoir supporter un trafic automobile important. Ce revêtement est souvent un mélange de bitume (goudron) et de ciment. Pour les rues des villes, qui ne supportent pas un trafic si intense, le revêtement est fait de graviers et de macadam recouvert d'asphalte.

Ces revêtements peuvent être défoncés facilement au marteau-piqueur lorsqu'il s'agit de poser des canalisations souterraines : gaz, égouts, câbles d'électricité ou de téléphone.

► Comment fonctionnent les robots ?

La plupart des robots possèdent un bras mécanique muni d'une pince à son extrémité. A l'intérieur, des moteurs électriques ou hydrauliques permettent le déplacement du bras dans diverses directions et la préhension de la pince. L'ensemble est commandé par un petit « cerveau » électronique.

Les robots mécaniques peuvent effectuer certaines actions répétitives, car ils ont en mémoire le programme à exécuter. Ces robots peuvent aussi être sous le contrôle d'un opérateur ; c'est un homme qui leur commande en permanence les mouvements à effectuer. Ces mouvements peuvent être variables d'une action à la suivante. Pour les autres, il suffit de changer le programme qui est en mémoire. Les robots sont de plus en plus utilisés dans l'industrie, où ils effectuent des tâches pénibles ou insalubres pour l'homme.

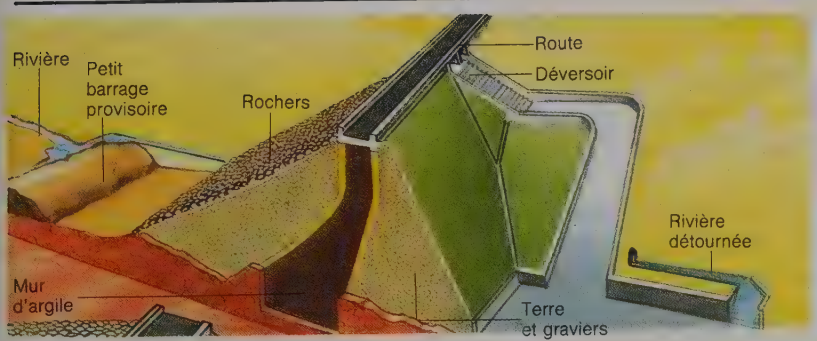


▲ A quoi servent les robots ?

Les robots sont surtout utilisés pour accomplir des tâches qui se répètent régulièrement : par exemple la soudure et la peinture de carrosseries automobiles. Ils sont utiles aussi pour charger et décharger des pièces dans une usine.

Les robots sont très employés dans l'industrie (automobile notamment) parce qu'ils peuvent répéter les mêmes gestes inlassablement. Ils ont aussi l'avantage d'accomplir ce travail avec précision, sans erreur et sans fatigue. Chaque tâche qui leur est confiée est très simple : soudure ou peinture.

Les robots les plus perfectionnés peuvent même vérifier leur propre travail. Ils sont utilisés notamment dans l'assemblage de pièces complexes.



▲ Comment se font les barrages ?

Un barrage est un grand mur construit en travers d'une rivière. L'eau s'accumule alors derrière le barrage, formant un lac artificiel. Les petits barrages sont faits de roches et de terre. Les plus grands sont en béton armé. Lors de leur construction, la rivière est provisoirement détournée.

Les barrages en terre sont construits autour d'une sorte de mur d'argile que l'on recouvre de terre, de roches et de graviers. Ils sont tellement volumineux qu'ils restent fixes sous l'effet de leur propre poids.

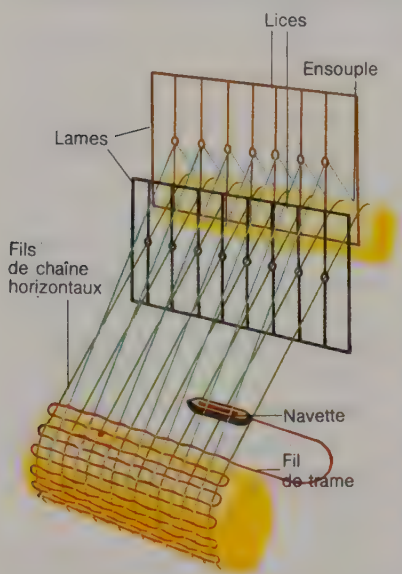
Les barrages en béton peuvent être des barrages-poids, comme les précédents ; ils résistent à la poussée de l'eau par leur propre poids. Le plus souvent cependant ils sont en voûte, s'arc-boutant sur chaque rive, ou soutenus par des contreforts. Ces contreforts augmentent leur résistance lorsqu'il y a une grande distance.

▸ Comment prépare-t-on le cuir ?

Le vrai cuir, le cuir naturel, est obtenu à partir de la peau d'animaux. La peau des bœufs ou des vaches est la plus utilisée, mais aussi celle des porcs, chèvres, moutons, ainsi que requins et serpents. Pour obtenir du cuir, on retire d'abord le poil, puis on tanne la peau dans une solution chimique. Le tannage empêche la peau de pourrir.

Le pelage (poil ou fourrure) est retiré en plongeant la peau dans un bain de chaux et en la raclant. Puis on la passe (tanne) dans un bain contenant du tanin, obtenu à partir de plantes ou de produits chimiques.

Après séchage, le cuir est traité à l'huile ou à la graisse pour lui donner de la souplesse.



◂ Comment se fait le tissage ?

La plupart des tissus sont obtenus en tissant plusieurs fils ensemble. Un métier à tisser est utilisé pour cela. Des rangées de fils, les fils de chaîne, montent et descendent tour à tour dans le métier. Entre chaque mouvement des lames une navette tire un autre fil, le fil de trame, entre ceux qui sont en mouvement. Ainsi se tissent les fils qui formeront un tissu.

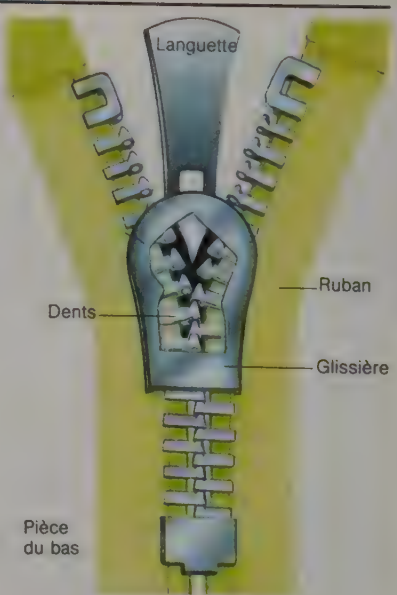
Les fils de chaîne sont enroulés sur une bobine appelée ensouple ; ils sont tendus très fortement entre cette bobine et la barre située au bord du métier à tisser. Ils sont écartés en deux nappes par des lames, et c'est dans cet espace libre que va passer le fil de trame enroulé sur la canette de la navette. Le fil de trame passe tour à tour au-dessus et au-dessous des fils de chaîne, dessinant un motif. Pour obtenir différents motifs on modifie le mouvement des fils de chaîne.

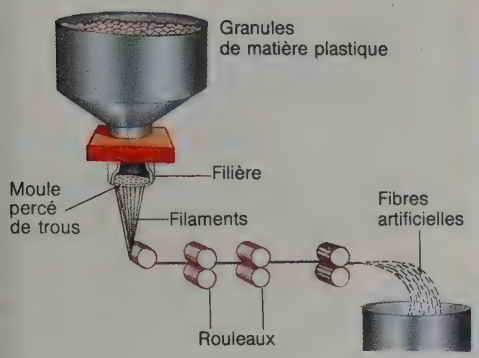
▸ Comment fonctionne une fermeture éclair ?

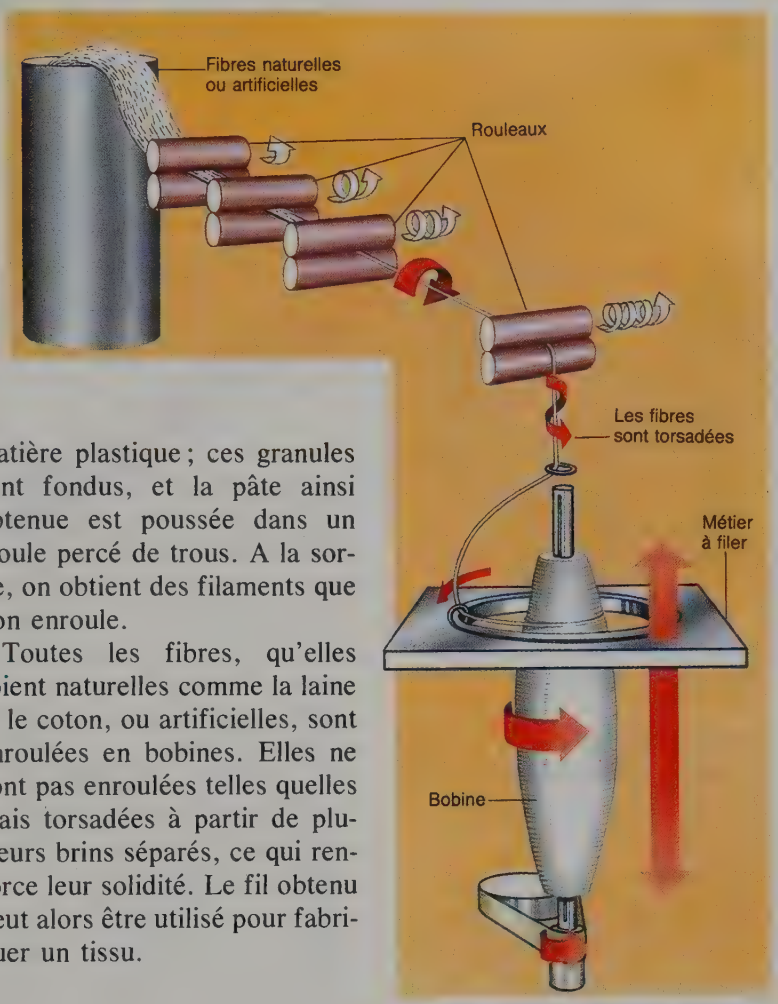
Les fermetures éclair possèdent deux rangées de petites dents si elles sont métalliques, deux rangées de boucles si elles sont en matière plastique. Quand vous tirez la languette de la fermeture éclair vers le haut, les dents ou les boucles, de part et d'autre, s'assemblent.

En dessous de chaque dent d'une fermeture éclair métallique il y a un petit espace. La glissière est plus étroite vers le bas, si bien qu'elle oblige les dents de chaque rangée à venir s'encastrer l'une dans l'autre. La bosse de l'une vient se placer dans le creux de l'autre, et toute la rangée se tient alors solidement.

Quand on tire la glissière vers le bas, une petite pièce vient dégrafer les dents qui se libèrent les unes des autres. A chaque extrémité de la fermeture éclair il y a une pièce qui arrête le déplacement ; la pièce du bas peut toutefois s'ouvrir lorsqu'il s'agit d'une veste, par exemple.







▲ Comment fait-on du fil ?

Les textiles de nos vêtements sont constitués de fils tirés de fibres. Les fibres naturelles proviennent de plantes ou de poils d'animaux ; les fibres artificielles (synthétiques) sont obtenues chimiquement à partir des matières plastiques. Démêlées puis torsadées, ces fibres deviennent du fil.

Les fibres artificielles sont obtenues à partir de granules de matière plastique ; ces granules sont fondus, et la pâte ainsi obtenue est poussée dans un moule percé de trous. A la sortie, on obtient des filaments que l'on enroule.

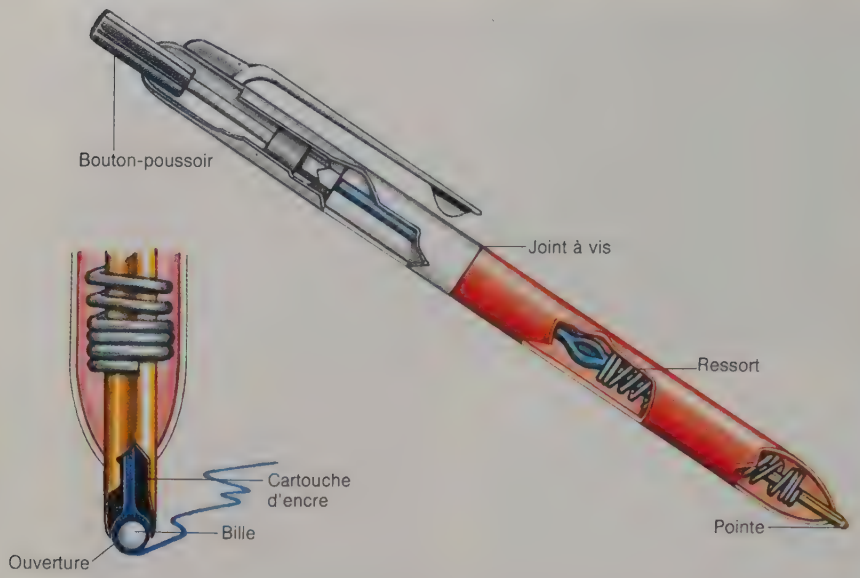
Toutes les fibres, qu'elles soient naturelles comme la laine et le coton, ou artificielles, sont enroulées en bobines. Elles ne sont pas enroulées telles quelles mais torsadées à partir de plusieurs brins séparés, ce qui renforce leur solidité. Le fil obtenu peut alors être utilisé pour fabriquer un tissu.

► Comment fabrique-t-on une poterie ?

La poterie englobe tous les objets en terre cuite : pots, bien sûr, vases ou récipients divers, mais aussi briques ou tuiles. Ces objets sont modelés avec de l'argile humide, puis ils sont cuits au four.

La plupart des potiers utilisent un tour. C'est une table tournante en forme de disque, que l'on fait tourner avec le pied, à l'aide d'une pédale ou, plus souvent, électriquement. Le potier contrôle la rotation de la roue tandis qu'il façonne de ses mains le vase qu'il fabrique. Les anses et les poignées sont fabriquées séparément et collées ensuite à l'aide d'une bouillie d'argile et d'eau. Le tour est une « méthode » rapide, mais avec les mains on arrive à réaliser plus de choses.

Avant d'être mise à cuire dans le four spécial, la poterie est séchée lentement à l'air libre. Un vernis peut alors être ajouté à ce moment-là. Quand le vernis est chauffé, il fond et forme un revêtement brillant à la surface de la poterie. Il existe des vernis qui, de plus, colorent la poterie. Les poteries les plus fines sont réalisées en porcelaine, à partir d'une argile blanche, le kaolin.



◄ De quoi est faite l'encre ?

L'encre que l'on utilise dans les stylos à cartouches est obtenue en mélangeant de l'eau avec un pigment ou une teinture. Une fois que l'on a écrit, il faut un certain temps de séchage, qui correspond au temps que met l'eau pour s'évaporer. L'encre qui alimente les stylos à bille contient un colorant mélangé à un liquide qui s'évapore très rapidement.

Les pigments sont des poudres colorées ; dissoutes dans l'eau, elles donnent une encre qui sèche en surface. Les teintures, par contre, pénètrent dans le papier.

Les encres d'imprimerie sont obtenues en mélangeant des pigments avec des huiles ou des vernis spéciaux, qui aident le pigment à se fixer sur le papier. Ce pigment est souvent du noir de carbone. Les pigments colorés ou les teintures des autres sortes d'encres sont à base de produits chimiques.

▲ Comment fonctionne un stylo à bille ?

A l'intérieur d'un stylo à bille il y a un mince tube d'encre. Au bout de ce tube, une ouverture bouchée par une bille métallique. Quand on écrit, la bille roule sur elle-même ; l'encre glisse sur la bille et se colle ensuite au papier.

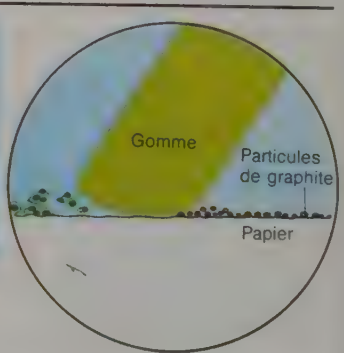
L'encre utilisée dans les stylos à bille est une encre spéciale ; elle sèche immédiatement dès qu'elle est en contact avec l'air. Ainsi on ne peut pas faire de taches comme avec une encre liquide. De la même façon, à l'autre extrémité du tube, l'encre sèche et forme un bouchon qui empêche le reste de la cartouche de s'écouler.

De nombreux stylos à bille possèdent un dispositif qui permet de faire rentrer la pointe quand on n'écrit plus et de la sortir au moment voulu. C'est un bouton-poussoir et un ressort qui permettent cette manœuvre.

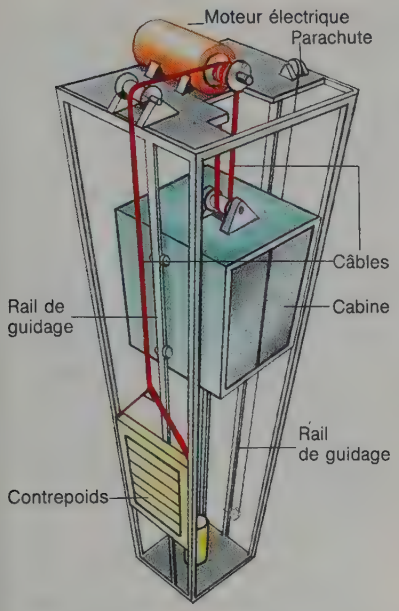
► Pourquoi une gomme efface-t-elle ?

On peut effacer la marque d'un crayon ou d'un stylo sur le papier grâce à une gomme. Les crayons déposent une fine couche de graphite sur la surface du papier : lorsque la gomme passe dessus, elle accroche les particules de graphite, qui partent avec elle.

Une gomme souple reste propre puisqu'elle s'use au fur et à mesure qu'elle efface. Pour enlever des marques d'encre plus profondes, une gomme dure est nécessaire ; celle-là n'entraîne pas avec elle les particules déposées sur le papier, mais arrache la partie superficielle du papier ; en dessous, le papier est propre.



Avec une machine à écrire, on peut corriger les erreurs d'une autre façon, en utilisant soit une peinture spéciale, blanche, que l'on applique à l'aide d'un petit pinceau ; soit un ruban effaceur. Avec ce dernier, il suffit de retaper la lettre erronée pour la recouvrir d'un produit spécial, également blanc.



▲ Comment fonctionne un ascenseur ?

La cage d'ascenseur, qui monte et descend entre les différents étages d'un immeuble, est suspendue à un câble. Un moteur électrique entraîne une poulie autour de laquelle s'enroule et se déroule ce câble. A l'autre extrémité du câble est fixé un gros poids, appelé contrepoids. Il est aussi lourd que la cage d'ascenseur.

Le contrepoids sert à équilibrer le poids de la cabine, de façon à ce que le moteur électrique ait seulement à faire monter ou descendre le poids des passagers. La cabine se déplace entre des rails verticaux qui la maintiennent dans la bonne position.

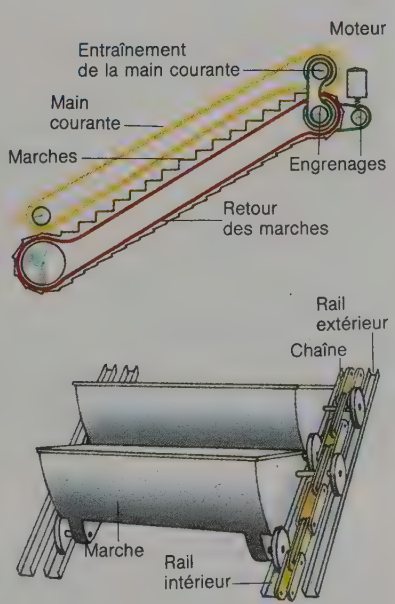
A l'intérieur, un tableau de commande permet de choisir l'étage auquel on désire s'arrêter ; d'autres moteurs, plus petits, actionnent l'ouverture et la fermeture de la porte.

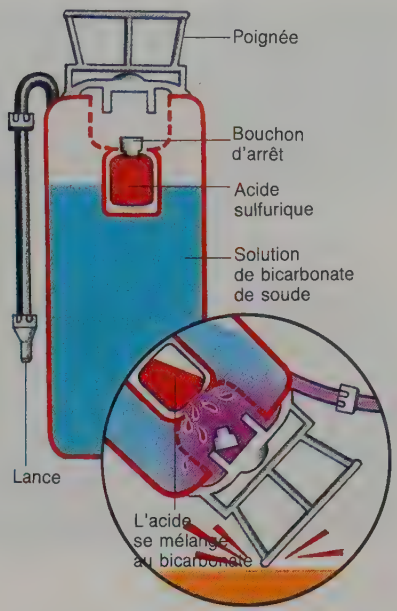
Un dispositif de sécurité, appelé parachute, stoppe la chute de la cabine en cas de rupture du câble ; il s'agit d'un frein qui enserre le rail de guidage.

▼ Comment marche un escalator ?

Les escalators sont des escaliers « roulants » qui transportent des gens d'un étage à l'autre sans qu'ils aient à marcher. Certains peuvent se déplacer à la vitesse de 4 mètres par seconde. Les marches d'un escalator sont reliées à une chaîne qui tourne sans cesse. En arrivant au niveau du plancher, la marche s'escamote pour passer par-dessous et ressort au niveau du plancher inférieur. La main-courante en caoutchouc est également sans fin, c'est-à-dire refermée sur elle-même.

Les marches d'un escalator sont dotées de roues dentées qui se déplacent sur des rails placés en dessous, de chaque côté. A mesure que l'on monte, les marches qui étaient alignées à plat se surélèvent comme un soufflet et prennent la disposition d'un escalier normal. Arrivées à l'étage, elles se placent à nouveau à plat de façon que l'on puisse marcher.



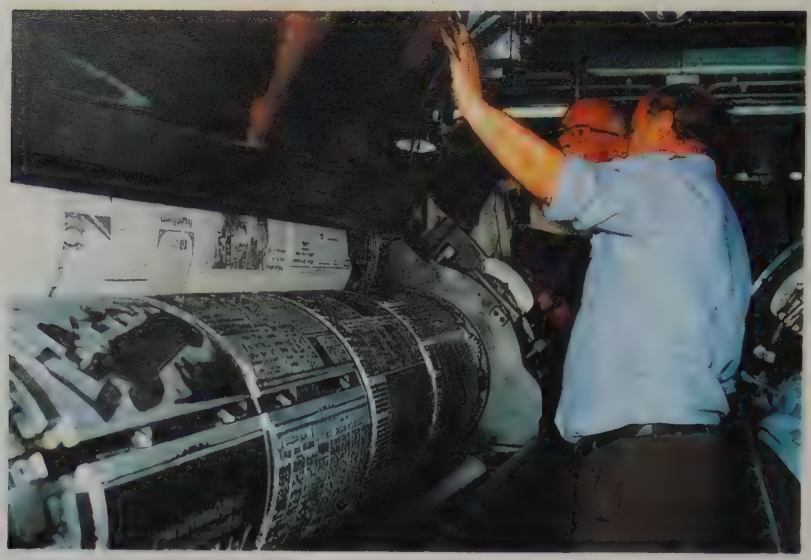


▲ Comment agit un extincteur ?

Pour éteindre un feu, des extincteurs éjectent du liquide, de la vapeur ou de la mousse. Cela refroidit le foyer et le recouvre en empêchant l'arrivée d'air. Alors le feu s'éteint. Les extincteurs modernes éjectent de la neige carbonique, mais il y en a encore beaucoup à eau.

Dans un extincteur à eau, on trouve une bouteille d'acide sulfurique et une solution de bicarbonate de soude. Pour l'utiliser, il faut le renverser ou briser un manchon. Cette action ouvre ou brise la bouteille d'acide ; immédiatement, le liquide se combine au bicarbonate de soude pour produire une grande quantité de gaz carbonique qui chasse l'eau avec force, par surpression.

Pour éteindre les incendies dus à des courts-circuits électriques ou à des produits chimiques, on utilise des extincteurs à mousse ; cette mousse est de la neige carbonique.



▲ Comment imprime-t-on les journaux ?

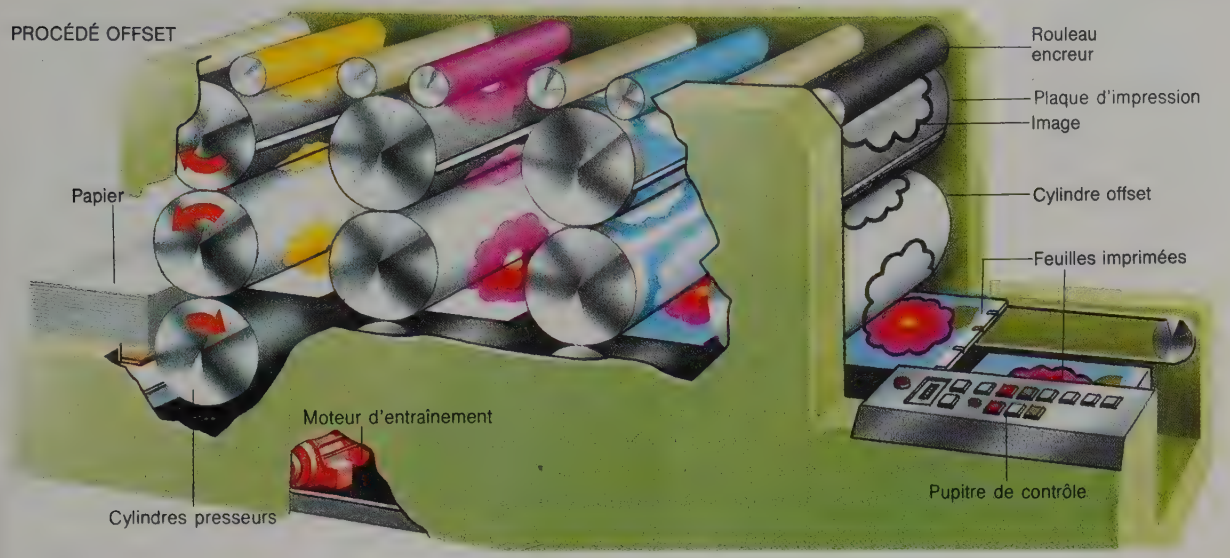
Les journaux sont imprimés à l'aide d'énormes machines « rotatives » capables de tirer des millions d'exemplaires du même numéro. De très grosses bobines de papier alimentent cette rotative, qui imprime, plie et façonne l'intégralité du journal.

Les caractères en plomb qui forment les lignes du texte sont disposés dans un cadre ; on assemble ainsi la page du journal, telle que le lecteur la lira, en y ajoutant les illustrations gravées sur métal. On prend alors un moule de cette page et plusieurs plaques imprimantes courbes sont faites à partir de ce moule. Puis elles sont fixées sur les cylindres des rotatives, qui impriment les pages en série.

► De quoi est fait le papier ?

Presque tous les papiers sont obtenus à partir du bois. Ils sont composés de fibres de cellulose (fibres de bois) serrées les unes contre les autres. On fabrique aussi du papier à partir de chiffons. Bois ou chiffons sont traités dans de l'eau de manière à obtenir une pâte à papier, que l'on étale en couche pour la laisser sécher.

Le papier est fabriqué dans de grandes usines. La matière première — en général des billes de bois — y est broyée puis mélangée avec de l'eau pour obtenir ce que l'on appelle la pulpe. On blanchit ensuite cette pulpe et on ajoute des produits, par exemple de la colle, pour maintenir les fibres entre elles. Puis elle est étalée sur une toile métallique pour que l'eau tombe ; il reste alors une feuille de papier, qui subit d'autres traitements, notamment pour la lisser. Suivant la sorte de pulpe utilisée, on obtient différentes qualités de papier.



▲ Comment imprime-t-on en couleurs ?

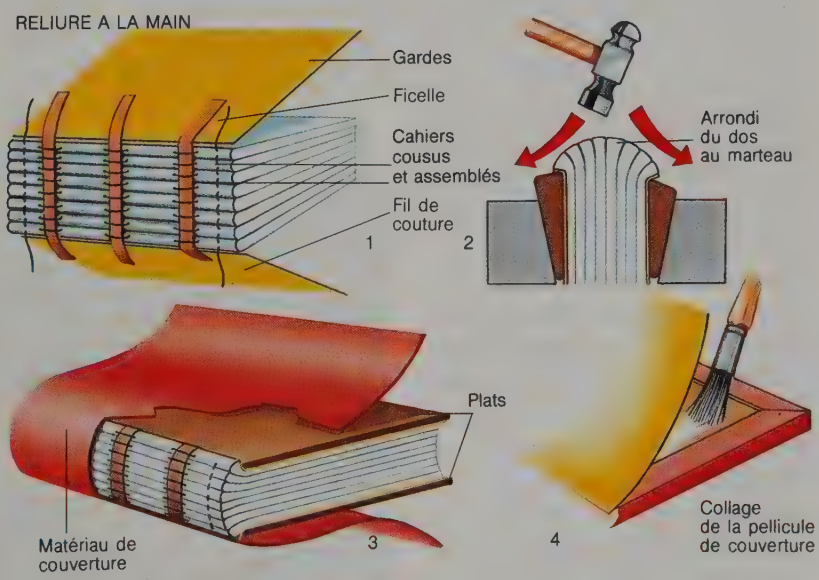
Bien qu'elles paraissent contenir une multitude de couleurs, les photos que l'on voit dans les livres et les revues sont imprimées à partir de quatre couleurs seulement. A l'impression on imprime en effet séparément le rouge, le jaune, le bleu et le noir. Ces quatre images se superposent et nous montrent alors la photo en couleurs réelles.

La machine à imprimer possède quatre plaques qui sont fixées sur des cylindres. Chaque plaque possède sa propre image : l'une rouge, l'autre bleue, la troisième jaune et la dernière en noir et blanc.

Tandis que chaque cylindre tourne, de l'encre est étalée sur la plaque. La même feuille de papier passe à travers les quatre séries de cylindres et l'image définitive apparaît dans sa vraie couleur.

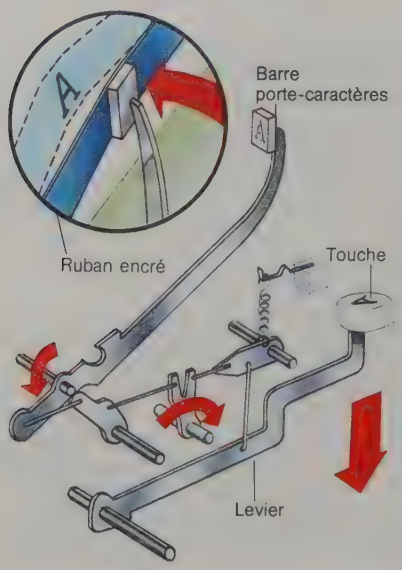
► Comment les livres sont-ils reliés ?

Relier un livre, c'est rassembler toutes les pages qui le composent et les placer à l'intérieur d'une couverture. Ces pages sont regroupées par cahiers de 4, 8, 16 ou 32 pages par exemple (maximum 48).



Une fois les cahiers empilés,le volume est serré entre deux planchettes ; le dos est alors entaillé pour recevoir les ficelles qui vont servir à réunir les cahiers. Après quoi on applique sur le dos une couche de colle forte, avant la fixation de la couverture. Cette couverture peut être en carton, en toile (couverture dite « anglaise ») ou en cuir.

Seuls les livres de prix sont aujourd'hui reliés à la main. Pour les autres, on fait appel à la reliure industrielle, qui permet d'en relier un grand nombre, à moindre prix. L'utilisation de colles synthétiques à haute résistance permet même la reliure sans couture.



▲ Comment marche une machine à écrire ?

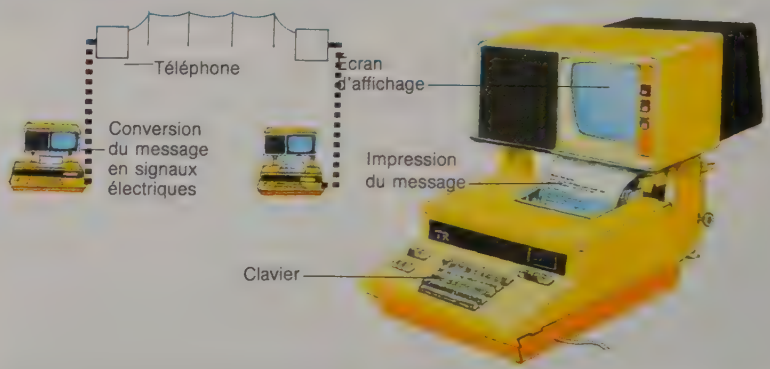
Une machine à écrire possède un clavier à touches ; sur celles-ci sont inscrits des lettres, des chiffres, des signes de ponctuation et quelques autres caractères. Quand on appuie sur une touche, elle déclenche la frappe sur le papier d'un caractère gravé.

Ce papier est enroulé sur un cylindre, que l'on tourne d'un cran après chaque ligne. Un ruban encré se place entre les caractères et le papier. Un système de leviers et de ressorts relie chaque touche du clavier au caractère correspondant gravé à l'extrémité d'une barre porte-caractère. Chaque barre comporte en réalité deux caractères : une lettre majuscule et une minuscule, ou un chiffre et un autre signe. Pour imprimer le caractère supérieur (lettre majuscule par exemple) il faut enfoncer en même temps une touche qui surélève les barres. Dans les machines à écrire modernes les caractères ne sont plus disposés sur des barres mais sur une boule.

▼ Qu'est-ce qu'un téléscripteur ?

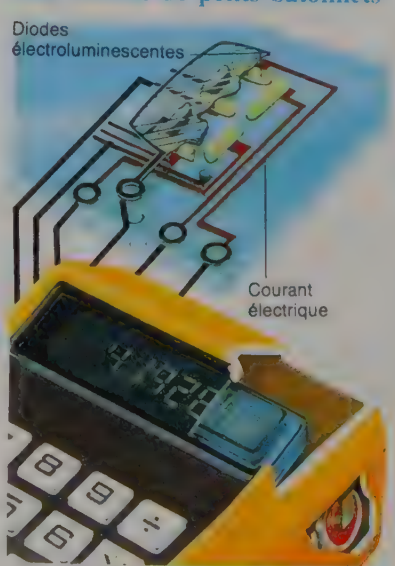
Un téléscripteur est une sorte de machine à écrire ; elle est utilisée pour expédier des messages écrits par téléphone. Au lieu de parler dans le téléphone, le correspondant frappe son message sur un clavier. Chaque lettre est transformée en un signal électrique qui voyage sur les lignes téléphoniques. A l'autre bout du circuit, une machine identique se déclenche et imprime le message.

Le système de téléscripteurs reliés par ligne téléphonique s'appelle le « télex ». Tous les appareils du réseau télex peuvent être atteints grâce à un numéro de code semblable à un numéro de téléphone. Les téléscripteurs permettent de garder une trace imprimée des messages, ce qui n'est pas le cas avec le téléphone.



▼ Comment une calculatrice affiche-t-elle les chiffres ?

Les chiffres qui apparaissent sur l'écran des calculatrices sont formés de petits bâtonnets lumineux disposés de différentes façons. Des fils très fins relient chaque bâtonnet au cerveau électronique, qui commande leur allumage en fonction du chiffre désiré.

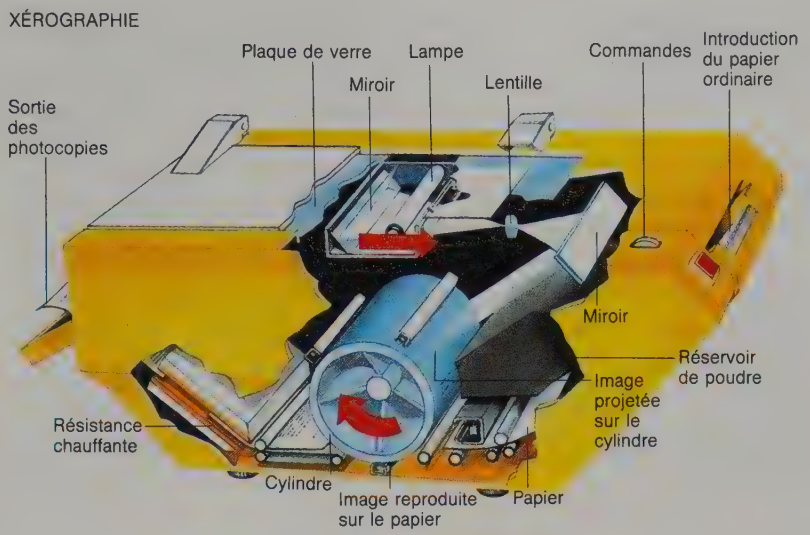


Les calculateurs électroniques possèdent deux types d'affichage : les diodes électroluminescentes (ou LED) et les cristaux liquides (ou LCD). Le système LED affiche des chiffres très lumineux, généralement en rouge ; ce sont de minuscules ampoules électriques, alimentées par les piles de la calculatrice.

Le système LCD consomme beaucoup moins d'énergie électrique. Les bâtonnets qui forment les lettres sont constitués de cristaux liquides qui bloquent ou laissent passer la lumière suivant le courant qu'ils reçoivent.

► Comment fonctionne un photocopieur ?

Un photocopieur permet d'obtenir une copie instantanée de n'importe quel document. Il suffit de placer celui-ci contre la vitre de l'appareil et de presser un bouton. La page se trouve éclairée de l'intérieur de la machine ; une image de cette page est obtenue et se reproduit sur une feuille recouverte de particules de poudre noire qui se fixent immédiatement sur le papier.



Il y a essentiellement deux types de photocopieurs. Les uns fonctionnent selon le procédé de xérographie, qui utilise du papier ordinaire ; les autres selon le procédé électrostatique, qui nécessite un papier spécial.

Dans un photocopieur xérographique, l'image du document original est projetée sur un tambour tournant qui possède une surface sensible à la lumière. Les parties sombres et claires se traduisent par une distribution de charges électriques sur le cylindre. Une poudre spéciale est projetée sur ce cylindre, et s'y fixe en se répartissant selon les charges électriques ; une feuille de papier est appliquée sur le cylindre et la copie de l'image initiale s'y imprime alors par transfert de la poudre.

Dans les copieurs électrostatiques l'image est projetée directement sur le papier comme pour une photo.

▼ Qu'est-ce qu'une machine de traitement de texte ?

C'est une machine à écrire électronique. Lorsque vous appuyez sur une touche, le caractère correspondant apparaît sur un écran. Une mémoire électronique conserve tous ces caractères jusqu'à ce que la phrase ou la page soit complète. Si vous ne souhaitez pas y apporter de corrections, elle s'imprime alors d'un seul bloc, automatiquement.

La machine à traitement de texte est en fait un petit ordinateur. Dans sa mémoire il accumule tous les mots et toutes les phrases qui sont frappés au clavier. Puis il les envoie vers l'imprimante. Ce système a de nombreux avantages. Tout d'abord on voit l'ensemble du texte que l'on a composé, ce qui permet de corriger des fautes de frappe ou d'intervertir des phrases entières.

On imprime ainsi un document parfait, dont on peut par ailleurs obtenir plusieurs copies.

Il est possible également de faire des lettres types où l'on change seulement quelques chiffres, ou un nom, d'une fois à l'autre.

▼ Comment les cuivres produisent-ils des sons ?

Les cuivres sont des instruments à vent. Pour obtenir un son d'une trompette il suffit de placer ses lèvres contre l'embouchure puis de les pincer et de souffler de l'air au milieu. Les lèvres vibrent et cette vibration se communique à l'air insufflé ; la trompette produit alors un son.

Pour obtenir des notes différentes, sur la plupart des cuivres, il faut appuyer sur des touches. Ainsi, l'on ouvre ou l'on ferme des ouvertures pratiquées dans le tube de l'instrument ; la colonne d'air à l'intérieur s'en trouve allongée ou raccourcie, ce qui provoque une note plus grave ou plus aiguë. Il n'y a parfois que trois ouvertures seulement. Le trombone, en plus, possède une coulisse qui permet de faire varier la longueur réelle du tube.

Pour obtenir davantage de notes le musicien peut aussi jouer avec ses lèvres. Sans utiliser les pistons des instruments à vent, on peut produire des notes appelées harmoniques, qui sont d'un ou plusieurs tons au-dessus ou au-dessous des sept notes habituelles. Le clairon, qui n'a pas de piston, s'utilise de cette façon.

En définitive, pour jouer d'un cuivre, il faut tout à la fois savoir pincer les lèvres correctement et utiliser le bon piston.

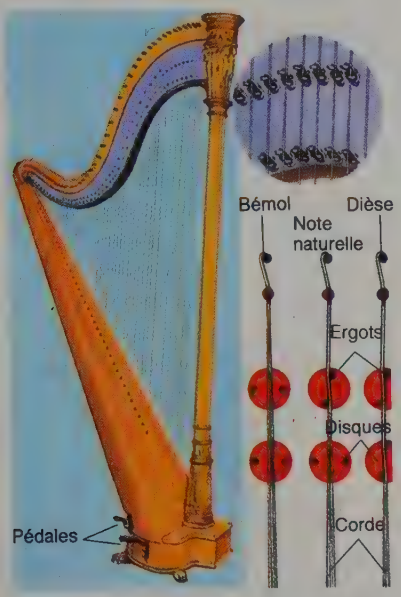
▲ Comment joue-t-on des bois ?

Outre les cuivres, la famille des instruments à vent comprend aussi les bois (clarinette, flûte, hautbois...) dont on tire des sons suivant le même principe, mais avec quelques variantes selon les instruments.

Dans la flûte traversière et le fifre, par exemple, le joueur souffle dans un trou pratiqué sur le côté de l'instrument, et non au bout. Le bec d'une clarinette et celui du saxophone sont munis d'une anche, sorte de languette que le musicien place entre ses lèvres. Lorsqu'il souffle dans l'instrument, ce sont les vibrations de cette anche qui produisent le son. Le hautbois, le cor anglais et le basson possèdent même une double anche.

Comme dans les cuivres, les touches ou clés placées le long de ces différents instruments permettent des notes de hauteur variée. Dans une flûte à bec, de simple trous, que le musicien bouche et débouche selon les notes qu'il veut produire, jouent le même rôle.

Les instruments qui font partie des « bois » ne sont pas tous en bois, malgré leur nom : ainsi les saxophones et certaines flûtes sont en métal.



◄ A quoi servent les pédales d'une harpe ?

Lors d'un concert, on peut voir le harpiste appuyer sur une pédale à la base de la harpe, tout en pinçant les cordes de l'instrument. Cette pédale fournit des notes supplémentaires. Elle actionne de petits disques munis d'ergots qui touchent les cordes.

Sur les harpes utilisées dans les orchestres, les cordes ne donnent que l'équivalent des notes obtenues avec les touches blanches d'un piano.

Pour obtenir les autres notes (équivalant aux touches noires du piano), le harpiste appuie sur une pédale ; les ergots des disques bougent et raccourcissent la longueur de la corde, ce qui modifie le son.

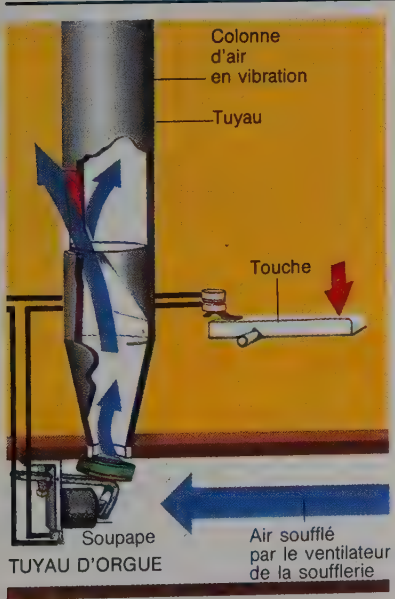
Il y a en fait 7 pédales, une pour chaque note de la gamme.

► Comment tire-t-on des sons d'un instrument à cordes ?

Les instruments à corde, comme leur nom l'indique, possèdent des cordes, fortement tendues. Si on les touche, elles vibrent et produisent un son. Quand on joue de la guitare on fait vibrer les cordes avec ses doigts ou avec un « médiator ». Le violon ou la vielle sont aussi des instruments à cordes.

Lorsque l'on frotte ou que l'on pince leurs cordes, ces instruments délivrent un son pendant un court instant. Quand un archet se déplace sur une corde de violon, il fait vibrer la corde du violon. En frottant plus ou moins fort la corde, on fait varier l'intensité du son.

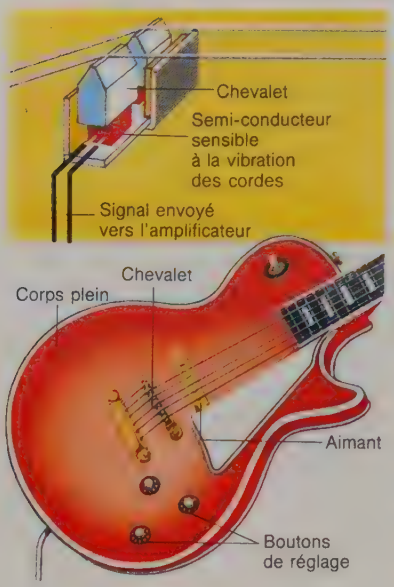
Le son de la corde elle-même n'est toutefois pas très puissant. En fait, comme pour la guitare, il est amplifié par le corps creux de l'instrument, qui agit comme une caisse de résonance, et rayonne le son autour de lui.



◄ Comment joue-t-on de l'orgue ?

Quand un organiste presse les touches d'un clavier d'orgue, de l'air est envoyé mécaniquement dans des tuyaux. Chaque tuyau correspond à une note différente. Les orgues se trouvent en général dans les églises. Les orgues électriques fonctionnent sur un autre principe : ils utilisent le courant électrique et des circuits électroniques pour actionner un haut-parleur.

Dans un tuyau d'orgue, l'air est généralement produit par un ventilateur soufflant. Quand on presse une touche du clavier, elle commande une soupape qui laisse pénétrer l'air dans le tuyau d'orgue correspondant. La colonne d'air vibre à l'intérieur du tube et délivre alors un son. En jouant comme sur le clavier d'un piano on provoque la mise en marche des différents tuyaux. Ceux-ci sont de différentes longueurs, ce qui permet d'obtenir toute la gamme des notes désirées.



▲ Comment marche une guitare électrique ?

Une guitare électrique possède des cordes, exactement comme une guitare normale. Toutefois, ce ne sont pas ces cordes qui produisent le son que l'on entend. Quand le musicien fait vibrer la corde, celle-ci déclenche un signal électrique qui est amplifié et transmis à un haut-parleur : c'est lui qui produit le son.

Du fait que ce ne sont pas les cordes qui émettent le son, celles-ci peuvent être plus solides.

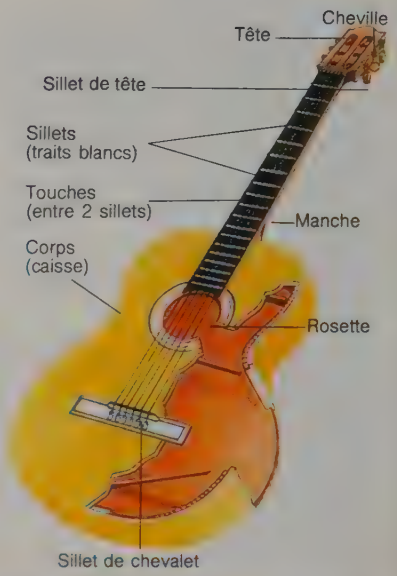
Ce sont des cordes métalliques, qui vibrent, entre des aimants ; le champ magnétique (page 58) de ces aimants est modifié et produit un faible courant dans des bobines de fil électrique entourant ces aimants. Ce courant est envoyé ensuite vers un circuit électronique qui l'amplifie et le transmet vers un haut-parleur. La force du son reproduit celle avec laquelle on gratte la corde ; mais elle peut aussi être augmentée par l'amplificateur.

► Comment est faite une guitare acoustique ?

Une guitare acoustique est faite de bois, et celles qui ont la meilleure sonorité sont fabriquées à la main. Le corps de la guitare est creux. Les supports sur lesquels reposent les cordes transmettent les vibrations de celles-ci à l'ensemble du corps. Celui-ci joue le rôle de caisse de résonance grâce à l'ouverture (la rosette) pratiquée sur sa face supérieure.

Six cordes, faites de métal ou de nylon, sont fixées à l'extrémité du manche ; elles sont enroulées autour de chevilles que l'on visse plus ou moins pour tendre ou détendre la corde jusqu'à obtenir la bonne note.

Pour jouer, le guitariste presse la corde contre les touches qui correspondent à des sons plus ou moins aigus.



► Qu'est-ce qu'un synthétiseur ?

Un synthétiseur produit de la musique électronique. Différents sons peuvent être produits en jouant sur un pupitre commandant des circuits électroniques. Ces circuits envoient des signaux électriques dans une série de haut-parleurs.

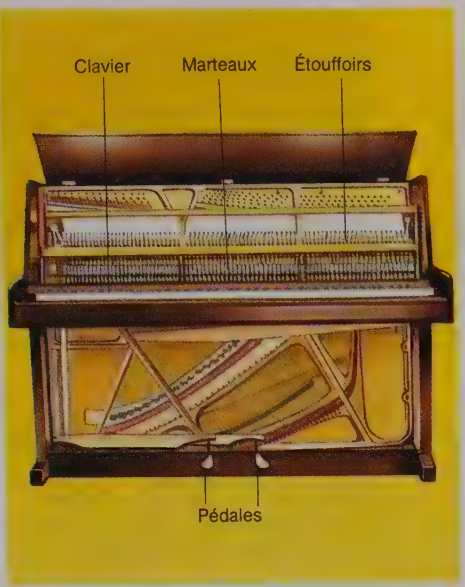
La musique s'y joue sur un pupitre comportant un grand nombre de boutons qui font varier séparément le timbre, la tonalité, l'intensité, la croissance et la décroissance de chaque note.

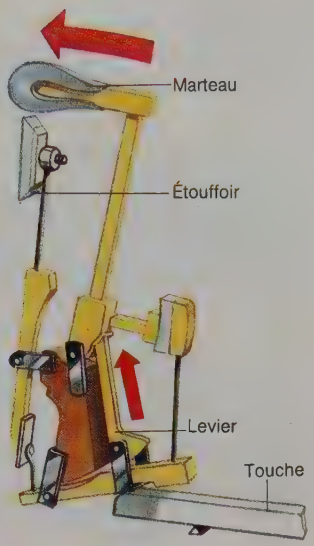
Les circuits électroniques placés à l'intérieur de l'instrument produisent des signaux électriques variables à la demande. Après avoir été amplifiés, ils aboutissent à un haut-parleur dont les vibrations reproduisent les sons désirés par le musicien. Le synthétiseur peut imiter tous les instruments de musique existants, ou produire des sons qui lui sont propres ; ceux-là ne peuvent pas être obtenus autrement.

► Comment fonctionne un piano ?

Quand on enfonce les touches d'un piano, de petits marteaux se déplacent vers l'avant pour frapper des cordes métalliques. Les cordes vibrent et produisent un son. Puis des étouffoirs viennent contre la corde lorsque vos doigts quittent les touches, pour interrompre le son.

Chaque touche du piano est prolongée par un levier en bois. Quand on appuie sur une touche, ce levier soulève une autre pièce, qui pousse le marteau vers la corde. Au même moment, l'étouffoir s'écarte de la corde pour la laisser vibrer ; un « échappement » maintient la tête du marteau près de la corde qui peut ainsi être frappée très vite si l'on enfonce à nouveau la touche correspondante. Quand la touche est relâchée, l'échappement se retire vers le bas, et le marteau peut frapper de nouveau la corde. Cela permet au pianiste de répéter la même note rapidement.





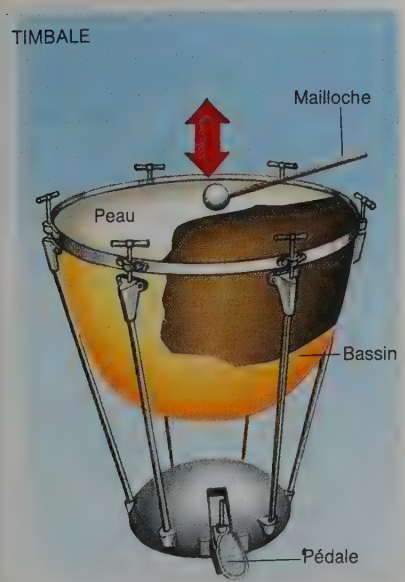
▲ A quoi servent les pédales du piano ?

La plupart des pianos possèdent deux pédales. Celle de gauche permet de faire de la musique plus douce, atténuée (« piano ») ; celle de droite permet de laisser libre la vibration de la note une fois que le doigt du pianiste a quitté la touche (« forte »).

La pédale douce provoque le décalage du marteau sur le côté ; chaque touche frappe un ensemble de trois cordes proches les unes des autres ; lorsqu'on appuie sur cette pédale, le marteau se décale de telle sorte qu'il ne frappe plus qu'une corde, ce qui donne un son adouci.

Sur certains pianos, la pédale douce rapproche les marteaux des cordes, ce qui fait qu'ils les frappent avec moins de force ; on obtient de la même façon un son plus étouffé.

Si l'on enfonce la pédale « forte » de droite, tous les étouffoirs s'écartent des cordes, qui vibrent alors plus longtemps.

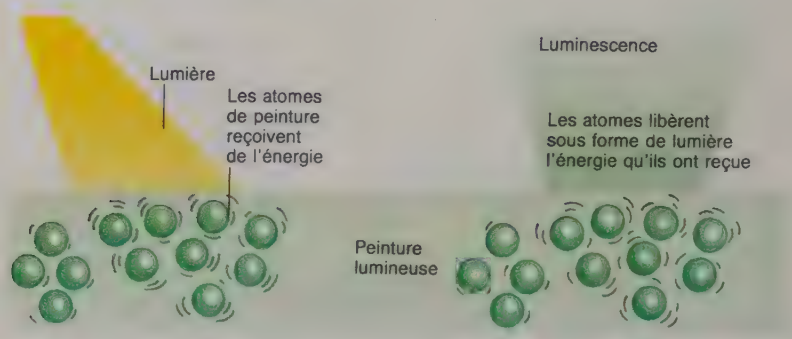


◄ Comment se produit le son du tambour ?

La surface d'un tambour est une peau tendue. Quand vous frappez la surface de ce tambour, la peau se met à vibrer et produit un son grâce à l'air emprisonné à l'intérieur de l'instrument. Il y a un mélange de deux vibrations : celle de l'air et celle de la peau.

Le son du tambour varie suivant la manière dont vous le frappez. L'utilisation de la baguette provoque un bruit fort et sec, tandis que si l'on frappe avec la main ou une mailloche, le bruit est plus atténué. Ce bruit dépend aussi de la taille du tambour. Une grande peau donne un son plus grave, qui résonne davantage que celui d'une petite peau.

Un tambour possède deux faces, qui ferment chaque côté d'un cylindre. Les timbales, utilisées dans les orchestres, n'ont qu'une seule peau, que l'on peut tendre ou relâcher à volonté pour l'accorder.



▲ Comment des peintures peuvent-elles luire dans l'obscurité ?

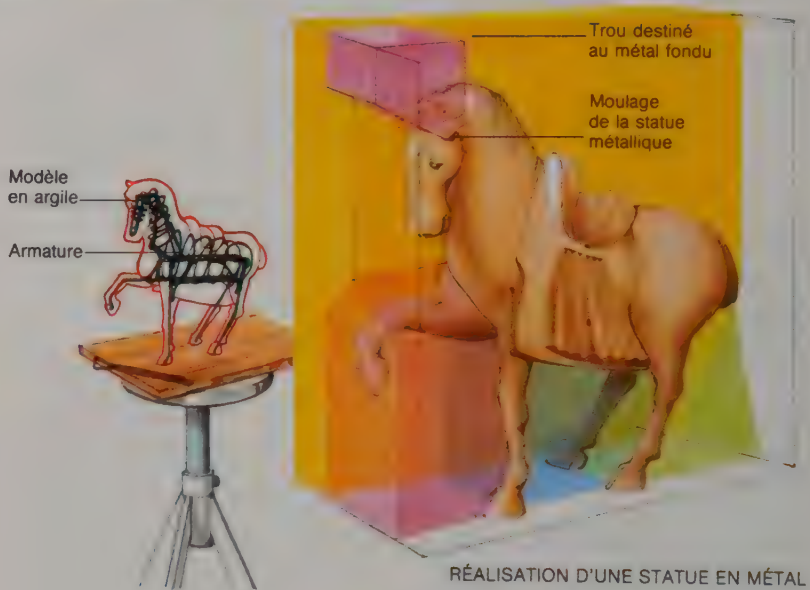
Des peintures sont légèrement lumineuses dans l'obscurité ; ce sont des peintures phosphorescentes. Elles emmagasinent de l'énergie lumineuse quand elles sont éclairées, et la restituent lentement dans le noir.

Quand un corps est éclairé, les atomes qui le constituent reçoivent de l'énergie. En général ils la perdent en réfléchissant la lumière reçue. Certains matériaux, toutefois, stockent une partie de l'énergie reçue, qu'ils libèrent peu à peu. Ils sont alors phosphorescents.

D'autres matériaux renvoient au contraire un supplément d'énergie quand ils sont éclairés, ce qui les rend très brillants, comme certains panneaux routiers. Ceux-là sont fluorescents.

► Comment se fait une statue ?

Un sculpteur peut tailler une statue dans un bloc de pierre ou dans du bois. Il utilise pour cela un burin ou un ciseau, et un marteau. En enlevant progressivement de petits fragments de matériaux, il finit par obtenir la forme souhaitée. Les statues métalliques sont d'abord réalisées dans l'argile ; puis on en prend un moulage dans lequel on verse du métal fondu.



RÉALISATION D'UNE STATUE EN MÉTAL

Un sculpteur doit surtout prendre garde à ne pas enlever trop de matière, car on ne peut plus la remettre en place. La statue, une fois terminée, est polie de manière à rendre sa surface lisse et brillante.

Pour réaliser une statue métallique le sculpteur travaille en sens inverse : il rajoute de la matière (de l'argile en général) et la modèle jusqu'à obtenir la forme voulue ; c'est à partir de cette forme que sera fait le moule.

▲ Comment fabrique-t-on un moulage ?

Un sculpteur crée un objet nouveau. Mais pour reproduire une statuette ou tout autre objet déjà existant, on a recours à la technique du moulage.

Pour faire le moule, il faut commencer par enduire de plâtre ou d'argile l'objet à reproduire. Une fois cet enrobage sec, on procède à un démoulage en deux moitiés. La figure à reproduire s'y trouve donc en creux. Il suffit alors de remplir le moule de métal fondu pour retrouver l'original.

Un autre procédé consiste à enduire de cire l'objet à reproduire, puis à tasser du sable humide sur la cire. En chauffant l'ensemble, la cire fond, et laisse un espace vide entre l'objet et le sable, où l'on peut introduire le métal en fusion par un trou supérieur. Ce procédé est dit « à la cire perdue ».

▲ Qu'est-ce qu'une mosaïque ?

C'est une image morcelée, placée sur un mur ou un sol. Elle se compose de milliers de petites pièces colorées juxtaposées de manière à dessiner une image complète, et assemblées définitivement avec du ciment.

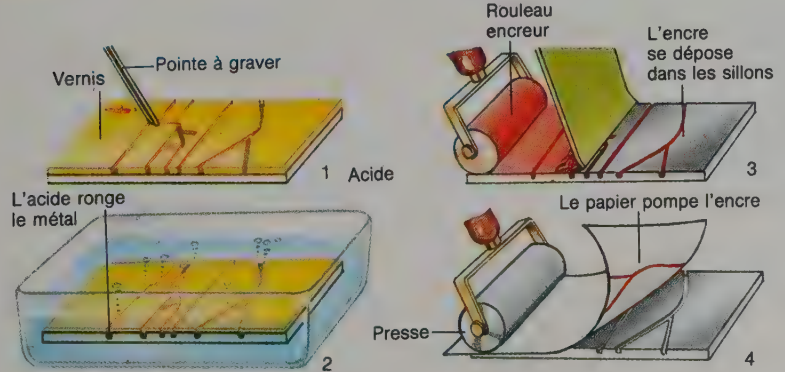
Habituellement, les mosaïques sont faites de petits carreaux de pierre, de céramique, de verre colorés dans leur masse.

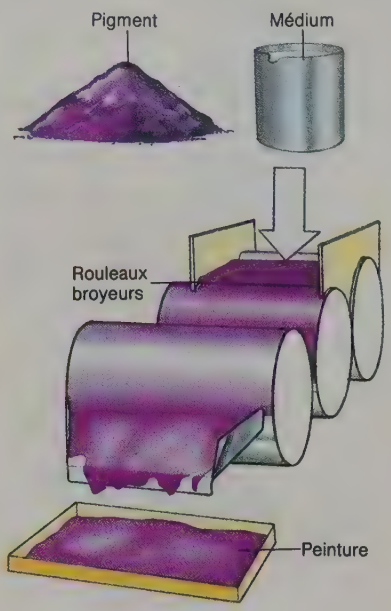
Le dessin de la mosaïque est d'abord exécuté sur le papier. Puis on taille les pièces, on les colle au ciment sur le mur ou le sol à recouvrir, et enfin on comble les vides entre les carreaux avec un ciment spécial appelé joint. Pour aller plus vite, certaines mosaïques se posent par panneaux de plus grande dimension, réalisés d'avance.

▼ Qu'est-ce qu'une gravure ?

Une gravure est une image imprimée obtenue à partir d'une plaque de métal. L'image est gravée sur une plaque métallique, qui est ensuite recouverte d'encre. Lorsque l'on applique une feuille de papier sur la plaque, on obtient la reproduction de l'image de départ.

La plaque à graver est recouverte d'un vernis spécial. Puis le dessin est tracé avec une pointe, qui enlève le vernis là où elle passe. Après quoi, la plaque est plongée dans un bain d'acide (« eau-forte »). Celui-ci creuse le métal aux endroits où la pointe a enlevé le vernis protecteur. Lorsqu'on dépose de l'encre sur la plaque, elle reste dans ces sillons. Il n'y a plus qu'à presser une feuille de papier contre la plaque...

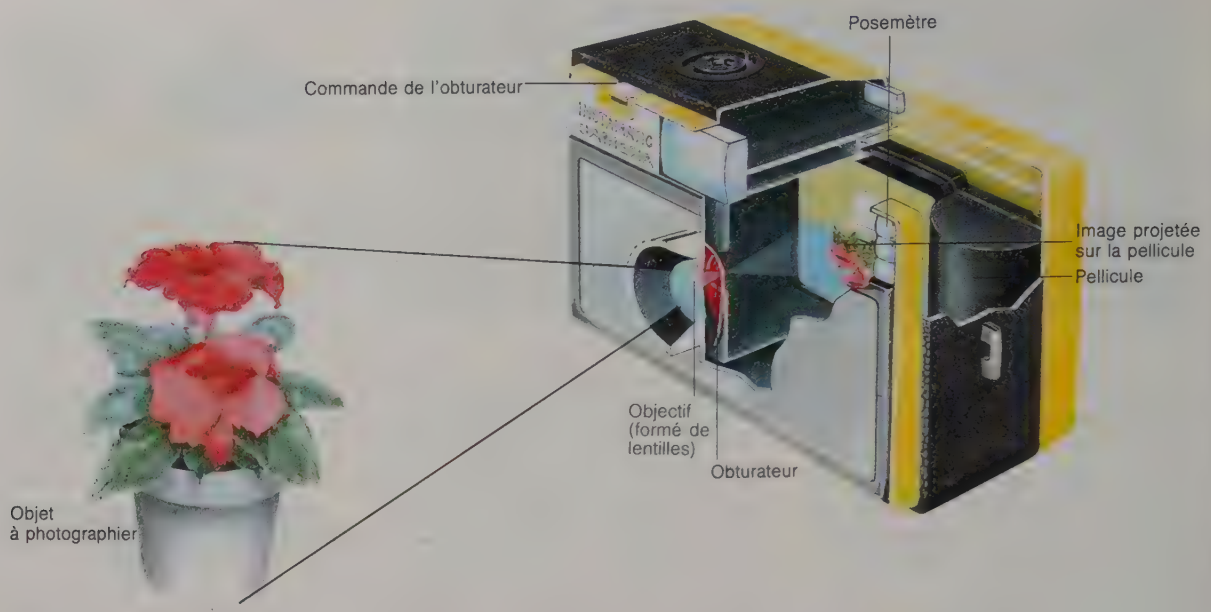




▲ De quoi sont faites les peintures ?

Les peintures sont fabriquées à partir de poudres colorées appelées « pigments » ; ces poudres sont mélangées à un liquide, le mélange se transforme en croûte solide quand il est étalé sur une surface. La transformation est chimique (huile) ou physico-chimique (eau).

Les pigments sont broyés entre des rouleaux puis mélangés avec un liant (huile ou eau) et un solvant qui s'évapore après usage. La quantité de pigment est dosée jusqu'à atteindre la couleur souhaitée. Le liant peut aussi être un vernis (à base de résines synthétiques) ; on a alors une peinture laquée. Certaines peintures ont des propriétés protectrices : c'est le cas de la peinture « antirouille » ; la plus connue est le « minium », à base d'oxyde de plomb.



▲ Comment obtient-on une photographie ?

Quand on prend une photo, de la lumière entre dans l'appareil et produit une image sur la pellicule. Plus exactement, celle-ci se trouve impressionnée, et ne révèle l'image qu'après développement.

Les pellicules noir et blanc sont recouvertes d'une couche (émulsion) de « gélatino-bromure d'argent ». Pour les pellicules couleur, le principe est identique, mais il y a trois couches superposées. Quand la lumière frappe les grains d'argent, elle les oxyde. Le bain de développement fera apparaître l'argent de ces grains. On obtient alors une image plus ou moins transparente selon les endroits : c'est le négatif. Les objets clairs dans la réalité y apparaissent noirs et vice versa. En appliquant ce négatif sur un papier photographique recouvert lui aussi d'une émulsion de grains d'argent, on obtient l'image inverse. Là où le négatif est noir le papier restera blanc, pour redonner l'image normale.

▲ Comment un appareil prend-il des photos ?

La lentille d'un appareil photo, appelée objectif, projette une image de l'objet à photographier sur la pellicule qui se trouve dans l'appareil. Dans le viseur on délimite le cadre qui sera photographié. Il suffit alors de presser le bouton de l'obturateur pour que la photo soit prise.

Les rayons lumineux provenant des différents objets de la scène à photographier sont réfractés (inversés) par l'objectif et se projettent sur la pellicule.

Quand l'obturateur est déclenché, il ouvre un diaphragme placé derrière l'objectif. La lumière entre alors pendant une fraction de seconde dans l'appareil et va impressionner la surface sensible de la pellicule qui est tournée vers l'objectif. Cette image apparaîtra au développement.

▲ A quoi sert un posemètre ?

Un posemètre indique la quantité de lumière qui est émise par la scène ou le paysage à photographier. La lumière émise pénètre dans le posemètre, qui la transforme en un faible courant électrique qu'on peut mesurer.

Ce courant actionne une aiguille qui se déplace devant un cadran, et permet la mesure. En tenant compte de la sensibilité de la pellicule, le photographe règle le diaphragme et la vitesse d'obturation de son appareil ; ainsi, la pellicule reçoit juste la quantité de lumière nécessaire pour obtenir une bonne photo.

La partie sensible d'un posemètre (la cellule) est formée de petits éléments qui réagissent à la lumière en produisant soit la naissance, soit la variation d'un courant. Ce courant est d'autant plus fort que la lumière est vive.

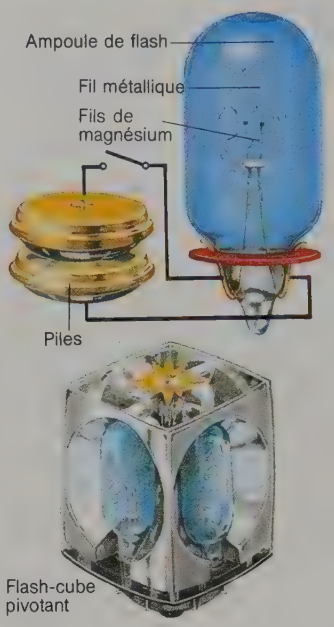
► Comment fonctionne un flash ? (non électronique)

Les ampoules d'un cube de flash renferment un filament métallique et des filaments très fins d'un métal inflammable, le magnésium. Quand on presse l'obturateur de l'appareil photo, un courant électrique traverse le filament qui s'échauffe et enflamme le magnésium. Il brûle instantanément en produisant une lumière vive : c'est l'éclair du flash.

Une ampoule de flash renferme de l'oxygène pour faciliter cette combustion du filament. Comme la lumière est légèrement jaune, la matière plastique qui recouvre la fenêtre du flash est teintée en bleu, afin que les couleurs de la photo restent naturelles.

Dans l'appareil, la synchronisation doit être parfaite entre l'ouverture de l'obturateur et le déclenchement du flash.

Les flashes électroniques ont l'avantage, par rapport aux flash-cubes, d'être réutilisables indéfiniment. Ils ne sont limités que par la durée de vie de leurs piles ou de leurs batteries.

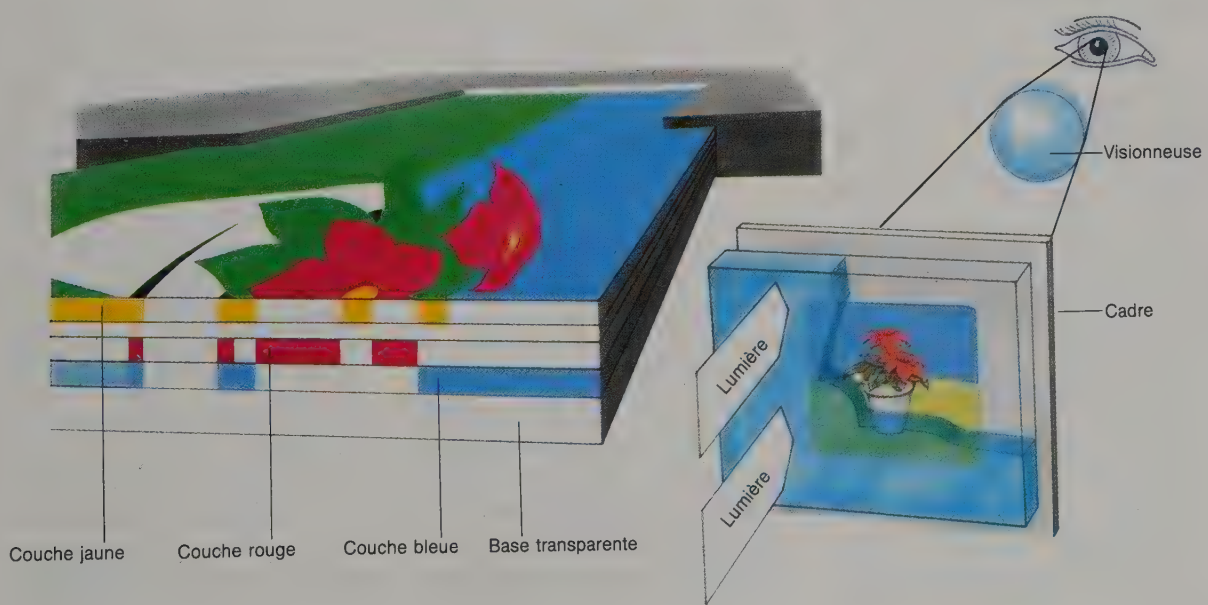


▼ Qu'est-ce qu'une diapositive ?

Une pellicule couleur possède trois couches qui enregistrent chacune une seule couleur : le jaune, le bleu et le rouge. Quand elles sont superposées, par transparence, ces trois couches redonnent les couleurs naturelles de la scène photographiée.

La surface sensible d'une pellicule couleur comprend trois couches superposées, sensibles aux trois couleurs fondamentales : le jaune, le bleu et le rouge. Quand les grains d'argent qui les forment sont éliminés, au développement, ils sont remplacés par des pigments de ces différentes couleurs. C'est leur superposition qui redonne les autres couleurs.

Quand on projette une diapositive, la lumière blanche du projecteur est filtrée par cette diapositive. On retrouve alors sur l'écran, agrandie, l'image originale. Ainsi, le jaune et le bleu combinés donnent le vert ; le noir est obtenu par la superposition de toutes les couleurs et le blanc, au contraire, par leur absence. Le principe est le même pour les tirages couleur sur papier, qui résultent du mélange de trois couleurs.

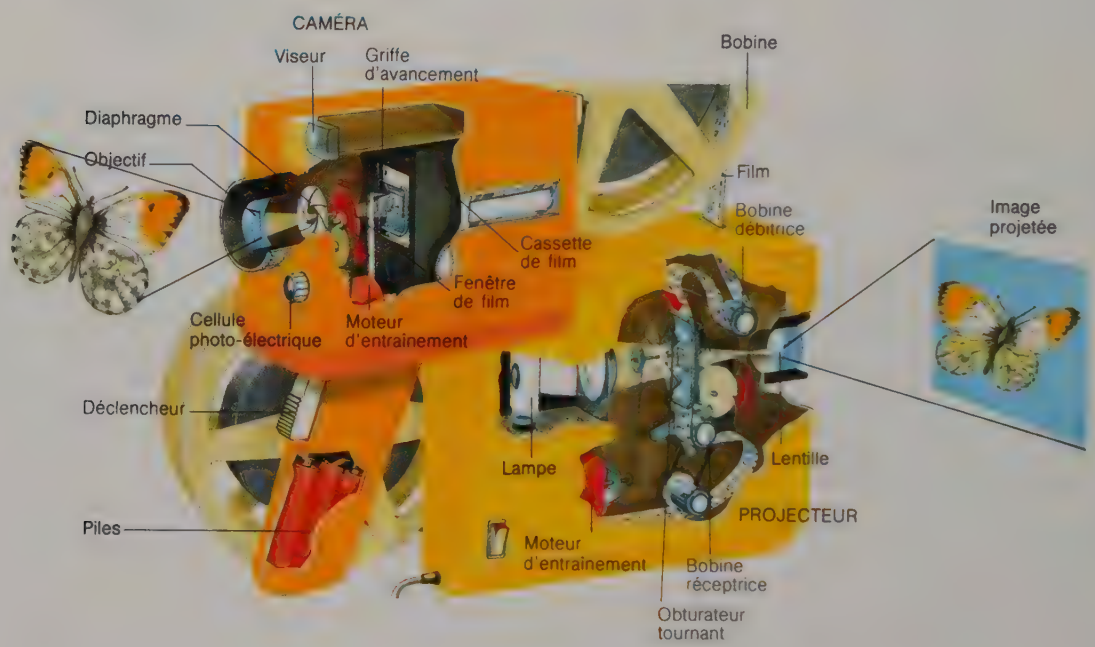


▼ Comment marche un projecteur de films ?

Un film cinématographique est une longue bande de petites images mises bout à bout. En défilant dans un projecteur, chaque image se trouve éclairée et se projette sur un écran. Cette projection est si rapide qu'on ne voit pas le passage d'une image à l'autre : on a l'impression du mouvement.

Au cinéma, un film est projeté au rythme de 24 images par seconde. Les films possèdent des perforations sur les côtés ; dans ces perforations viennent se placer des griffes qui font avancer le film par saccades, devant une petite fenêtre éclairée par l'arrière. Pendant une fraction de seconde chaque image se trouve ainsi éclairée et projetée sur l'écran grâce à un objectif. Lorsque l'on passe d'une image à la suivante, un obturateur tournant vient se placer devant l'image, le temps que la suivante se mette en place.

Le son est porté sur une piste latérale plus ou moins opaque. Une cellule lit cette piste éclairée et produit un signal électrique qui est transformé en sons. Pour les films sonores d'amateurs, la piste n'est pas optique mais magnétique et lue par une tête de magnétophone.



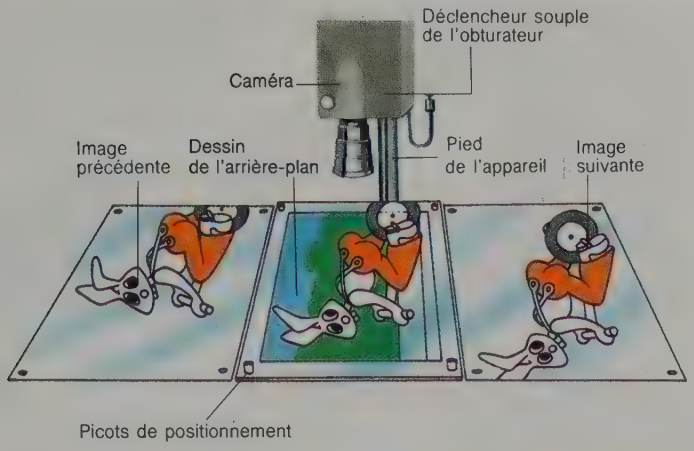
▲ Comment fonctionne une caméra ?

Une caméra renferme un film, exactement comme un appareil photo. Mais ce film est beaucoup plus long, car au lieu de ne prendre qu'une image à la fois, la caméra en prend plusieurs par seconde. Pendant que le film défile derrière l'objectif, un obturateur s'ouvre et se ferme rapidement pour donner une succession d'images. Le film est ensuite développé et peut être projeté sur un écran.

Les caméras d'amateur fonctionnent avec des cassettes, dans lesquelles le film est enroulé, à l'abri de la lumière ; le chargement et le déchargement du film se font alors facilement. Sur la plupart de ces caméras l'ouverture de l'objectif (diaphragme) se règle automatiquement d'après la luminosité extérieure, grâce à une « cellule photo-électrique ».

Les caméras des cinéastes professionnels se chargent manuellement et possèdent une plus grande longueur de film. En outre, le réglage du diaphragme se fait manuellement, ce qui permet un calcul plus précis.

Pour obtenir un effet de ralenti on accélère la cadence (vitesse) de prise de vue, jusqu'à 32 ou 64 images par seconde. Pour obtenir un effet d'accéléré on ralentit au contraire la cadence.



▲ Comment fait-on des dessins animés ?

Dans un dessin animé, les personnages semblent se déplacer comme dans un vrai film. En réalité, c'est parce que l'on voit 24 dessins successifs en une seconde ! Chaque dessin est photographié séparément.

Un par un, les dessins sont disposés sur une « table » d'animation. Les artistes n'ont pas besoin de tout redessiner à chaque fois ; le décor est le même d'une vue à la suivante. Seuls les personnages sont redessinés sur des feuilles transparentes.

On utilise aussi, de plus en plus, des ordinateurs. Ceux-ci peuvent créer, sur un écran semblable à celui du téléviseur, toutes sortes de figures.

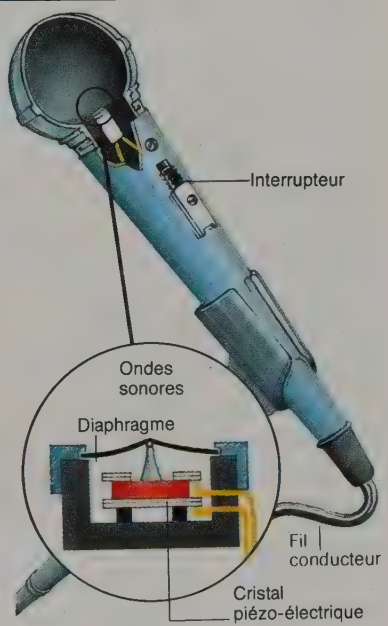
► Comment fonctionne un micro ?

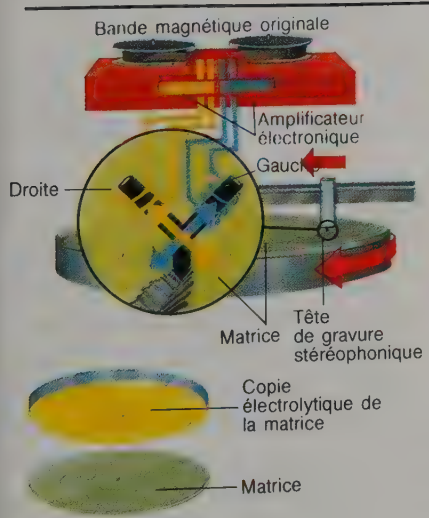
Quand vous parlez dans un microphone (on dit plus simplement « micro »), les ondes sonores de votre voix sont transformées en signal électrique. Ce courant est amplifié puis envoyé dans un haut-parleur.

A l'intérieur du micro les ondes sonores font vibrer une plaque appelée diaphragme. Ce diaphragme vibre au même rythme que les ondes, et actionne un dispositif qui transforme ces vibrations en courant électrique variable.

Dans un micro à cristal, ce dispositif est un cristal piézo-électrique qui a la propriété de créer un courant électrique quand il est comprimé. Dans un micro électrodynamique, c'est un bobinage de fil conducteur placé entre les pôles d'un aimant. Le diaphragme déplace le bobinage, et un courant électrique apparaît.

D'autres principes sont utilisés : micros à charbon, à condensateur, à ruban.



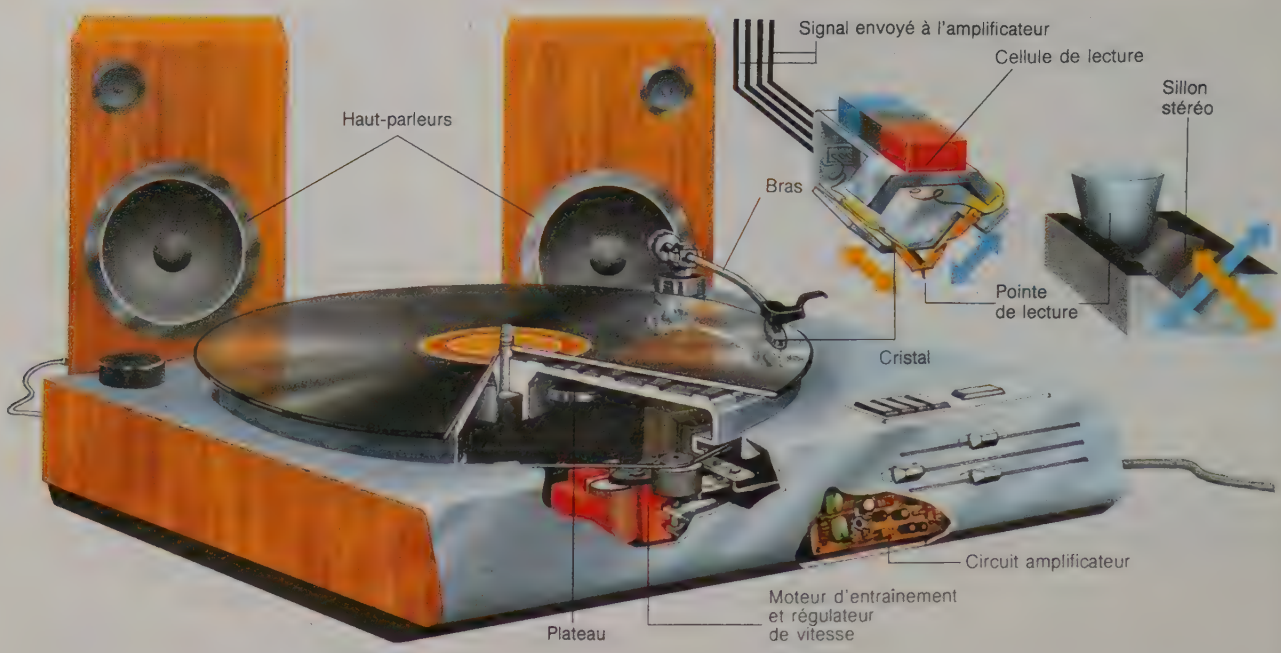


◄ Comment enregistre-t-on un disque ?

La plupart des disques sont d'abord enregistrés sur bande magnétique, dans un studio d'enregistrement. Après quoi un disque primaire (matrice) est obtenu, pour presser des copies en grande quantité.

La bande magnétique provenant du studio comporte deux pistes en stéréophonie. Chaque piste est lue, et les amplificateurs envoient un signal électrique vers la pointe de gravure du disque primaire « vierge ». Cette pointe taille un sillon dans le revêtement du disque, qui est une sorte de vernis.

Ce disque primaire sert de moule pour la fabrication (par électrolyse) d'un disque métallique. Sur ce disque métallique les sillons se trouvent en relief. Il va donc servir à obtenir des copies du disque original par pressage à chaud de disques en matière plastique.



▲ Comment marche un électrophone ?

Pour écouter un disque, on commence par placer au début du sillon la pointe de la cellule de lecture qui se trouve à l'extrémité du bras pivotant. A mesure que le disque tourne, la pointe est guidée par le sillon et vibre suivant les ondulations qu'il décrit. Ces vibrations sont transformées en un faible courant électrique qu'un amplificateur envoie vers le haut-parleur. L'enregistrement sonore se trouve alors reproduit.

Les cellules de lecture d'un électrophone sont de deux sortes : piézo-électriques ou électromagnétiques. Dans le premier cas, il s'agit d'un cristal dont les vibrations sont directement transformées en courant électrique. Dans le second, un petit bobinage de fils électriques vibre entre les branches d'un aimant et produit alors un faible courant.

▲ Comment le son sort-il d'un haut-parleur ?

Les haut-parleurs reproduisent les sons qui proviennent d'un poste de radio, d'un téléviseur, d'un électrophone, d'un magnétophone ou d'un micro. A l'intérieur d'un haut-parleur, il y a un cône qui vibre. Cette vibration est provoquée par le mouvement d'un bobinage associé à un aimant. Quand un courant électrique variable parcourt le bobinage, celui-ci entre en mouvement, entraînant avec lui le cône du haut-parleur (page 60).

Quand le courant électrique est appliqué au bobinage, celui-ci donne naissance à un champ magnétique ; le bobinage se déplace alors par rapport à l'aimant fixe, en provoquant des vibrations qui se transmettent au cône du haut-parleur, auquel il est fixé. Pour obtenir une haute fidélité (sons graves, médium et aigus), on utilise des haut-parleurs spécialisés.

▲ Qu'est-ce que la stéréo ?

Quand on écoute un disque ou une cassette en stéréophonie, le son provient de deux haut-parleurs séparés. On a l'impression, si la force du son est bien équilibrée, que la musique provient d'un point situé entre les deux. Mais de temps à autre certains sons semblent provenir de droite, et d'autres de gauche. C'est parce que le son est enregistré sur deux « canaux ». Ils sont lus séparément par la pointe de lecture ou la tête magnétique, et le son correspondant est envoyé vers chacun des haut-parleurs.

Quand la bande primaire est réalisée en studio, le son est enregistré sur deux canaux. Chacun possède son propre micro ; c'est pourquoi la source sonore reproduite donne une impression de relief. Pour un disque, chaque canal correspond à un flanc du sillon : l'un à droite, l'autre à gauche.

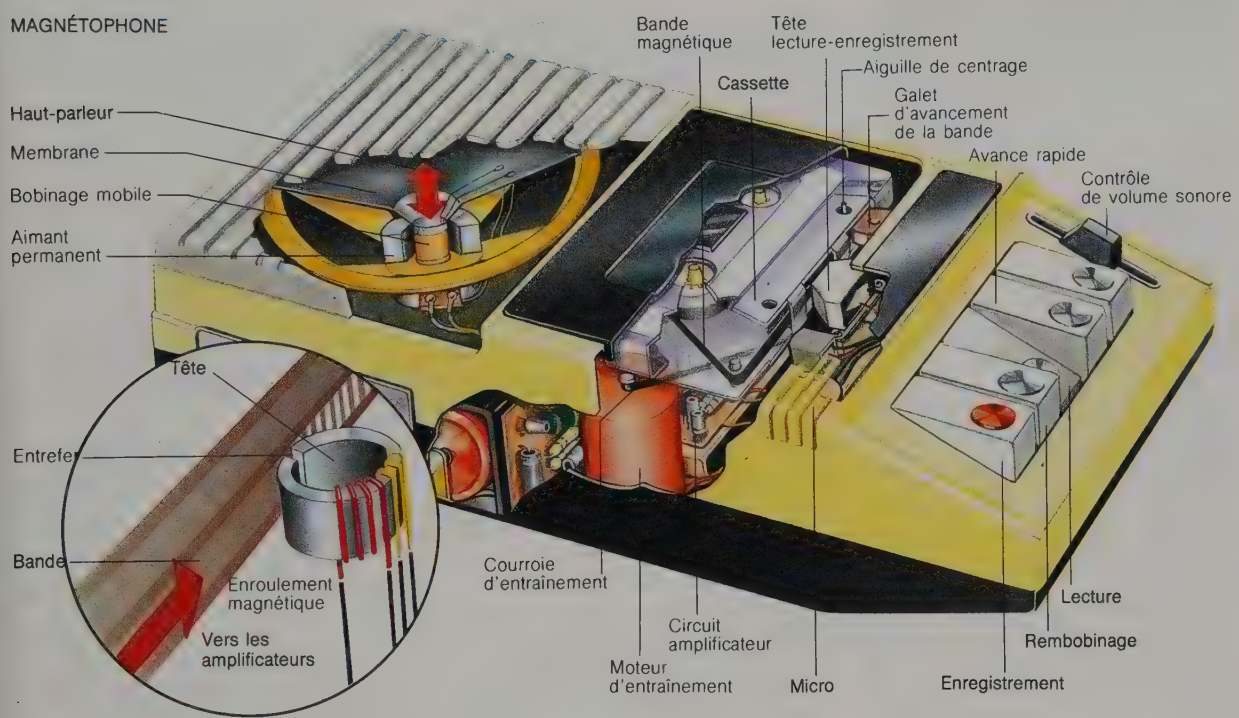
▼ Comment marche un magnétophone ?

Un magnétophone permet d'enregistrer des sons sur une bande magnétique. Pour cela, les ondes sonores doivent être transformées en courant électrique, qui lui-même est transformé en champ magnétique variable. Ce champ variable s'inscrit sur une bande qui le conserve définitivement.

Il suffit de faire défiler la bande et de transformer les signaux électriques en sons pour entendre l'enregistrement.

Le micro du magnétophone transforme les sons en courant électrique variable. Ce courant arrive sur une tête d'enregistrement, qui se magnétise plus ou moins suivant le courant reçu. Une bande de matière plastique recouverte d'un fin dépôt à base de fer défile devant cette tête et enregistre son magnétisme.

Pour lire la bande il suffit de la rembobiner et de la faire défiler devant la tête, qui fonctionne alors en sens inverse ; c'est une tête de lecture, qui transforme le magnétisme de la bande en courant électrique variable ; une fois amplifié, ce courant fait vibrer un haut-parleur, qui reproduit le son de départ.



▲ Comment se fait l'enregistrement d'une cassette ?

Comme les disques, les cassettes sont obtenues à partir d'une bande magnétique primaire enregistrée en studio. La copie s'effectue à grande vitesse, mais comme la bande des cassettes tourne également très vite, le son original est conservé. Une fois enregistrée, la bande est placée dans une cassette de matière plastique.

L'enregistrement à vitesse accélérée permet de faire des copies en un minimum de temps. Mais il faut évidemment que la vitesse de lecture de la bande originale soit identique à la vitesse d'enregistrement de la copie.

Une cassette possède deux faces. La musique d'une face est enregistrée sur la moitié de la bande, dans le sens de la largeur ; l'autre face est enregistrée sur la seconde moitié. Pour lire la face opposée il suffit de retourner la cassette quand on est parvenu à la fin de la bande.

Les deux faces de la cassette sont enregistrées en même temps. Cela parce que la bande primaire est enregistrée sur deux pistes : l'une dans le sens normal, l'autre à l'envers. Sur la cassette la piste que l'on écoute est à l'endroit tandis que l'autre est inversée ; mais elle se trouve remise dans le bon sens quand on retourne la cassette.

▲ Qu'est-ce qu'un appareil de cibiste ?

N'importe qui peut faire de la radio avec un émetteur de « C.B. » (de *Citizen Band*, « bande de fréquences du citoyen »). L'appareil des cibistes est à la fois émetteur et récepteur. Quand vous parlez, il transforme votre voix en signal électrique et l'envoie dans l'espace par une antenne. L'onde qui part de l'antenne s'affaiblit avec la distance, mais peut être entendue à plusieurs dizaines de kilomètres. Celui qui reçoit le message peut répondre avec un appareil identique.

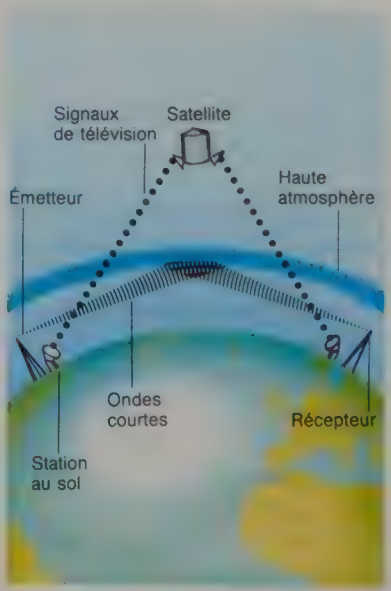
Pour éviter que toutes ces émissions radio se chevauchent et se gênent les unes les autres, des fréquences (page 55) de transmission précises ont été attribuées : on les appelle des canaux. Aucun appareil de C.B. ne doit émettre en dehors de ces canaux. La C.B. est très utilisée par les automobilistes et les routiers.

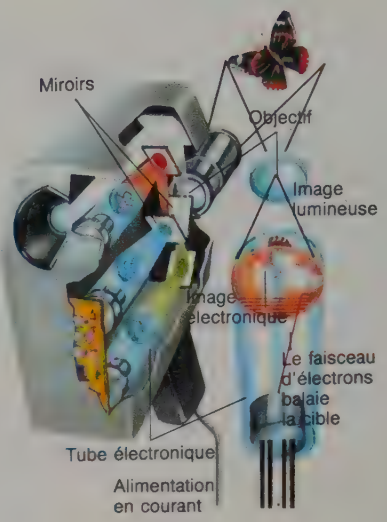
▼ Jusqu'où peuvent aller les ondes radio ?

La portée d'une onde radio dépend de sa puissance d'émission et de sa longueur d'onde. Les émissions des stations de radio, sur ondes longues, peuvent franchir des milliers de kilomètres. D'autres se réfléchissent sur des couches électrisées de l'atmosphère, et par rebonds successifs peuvent parvenir aux antipodes.

Les ondes de télévision, très courtes, voyagent en ligne droite et ne dépassent donc pas l'horizon. Même en plaçant les antennes sur des pylônes élevés, ou sur des montagnes, on ne dépasse pas quelques centaines de kilomètres de portée. Les ondes radio, plus longues, peuvent épouser la courbure de la Terre. Pour porter plus loin, les émissions de télévision sont parfois relayées par des satellites placés à très haute altitude ; ils captent les émissions, les amplifient, et les renvoient parfois sur un autre continent.

Dans l'espace les signaux radio peuvent voyager jusqu'à des milliards de kilomètres.





▲ Comment fonctionne une caméra de télévision ?

Une caméra de télévision est différente d'une caméra de cinéma. Au lieu d'utiliser un film, elle forme une image sur l'écran d'un tube électronique. Celui-ci transforme la lumière reçue en un courant électrique ; c'est à partir des variations de ce courant que l'on reforme l'image filmée.

Dans une caméra de télévision en couleur il y a trois tubes de prises de vue ; ils sont sensibles respectivement au rouge, au bleu et au vert. A l'extrémité de chacun, il y a une plaque sensible, qui produit une image électronique. Cette plaque est en quelque sorte une cible. Bombardée par les grains de lumière provenant de l'objectif, cette cible libère des électrons.

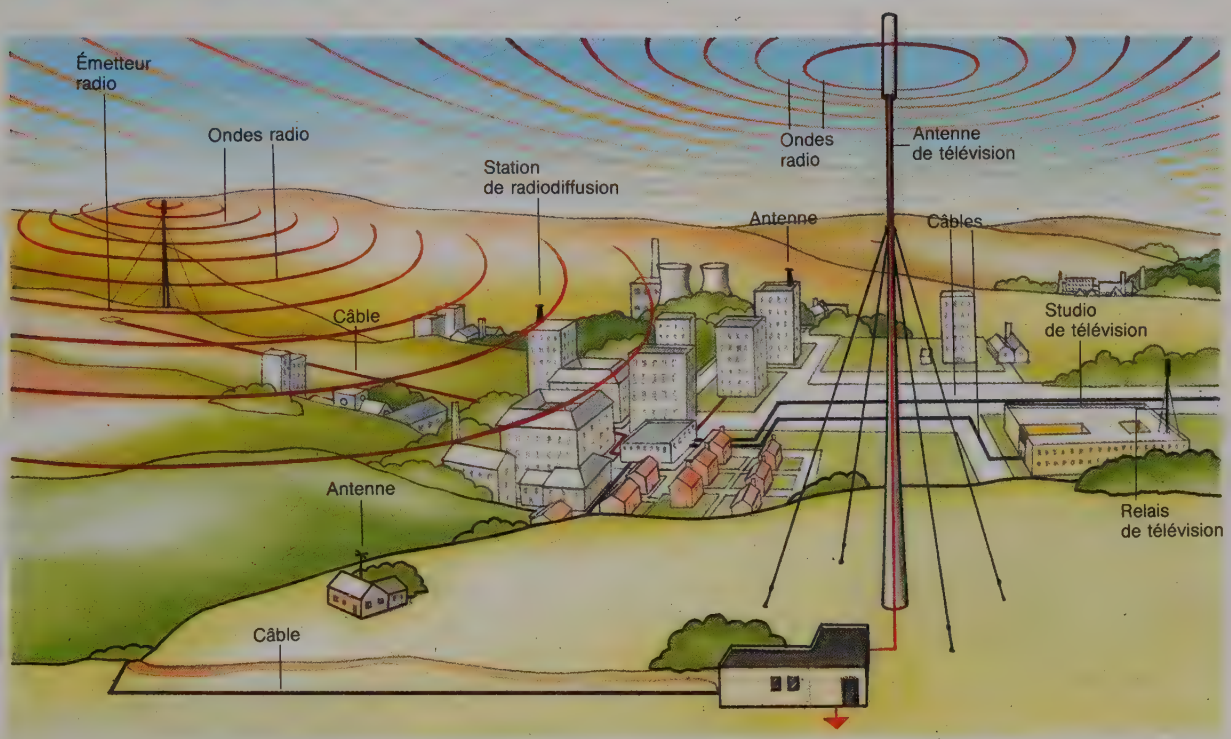
Ligne par ligne, cette cible produit un courant électrique qui est envoyé vers l'émetteur. A l'arrivée, un balayage identique redonnera l'image de départ sur l'écran du téléviseur.

▼ Comment marche la radio ?

Quand vous allumez un poste de radio, il rend audibles des ondes invisibles. Les ondes radio voyagent tout autour de l'émetteur et peuvent être captées par une antenne appropriée. Cette antenne est incorporée dans le boîtier pour les postes à transistors. Quand vous mettez le poste en marche, les ondes que reçoit sans cesse l'antenne sont transformées en ondes sonores par un circuit électronique et un haut-parleur.

L'émetteur d'une station de radio émet une onde principale, appelée « porteuse », sur une longueur d'onde bien déterminée. Cette longueur d'onde correspond à une fréquence ; la fréquence est d'autant plus grande que la longueur d'onde est courte : c'est le nombre de vibrations qu'effectue cette onde en une seconde. L'onde porteuse est produite par un signal électrique qui oscille à cette fréquence dans l'antenne.

Cette fréquence est toutefois modifiée par le signal électrique qui part du micro de la station. L'onde porteuse est déformée ; on dit « modulée ». Les ondes émises par l'antenne émettrice sont captées par l'antenne réceptrice, dans laquelle elles reproduisent l'onde modulée ; musique et paroles sont ainsi reconstituées dans le poste.

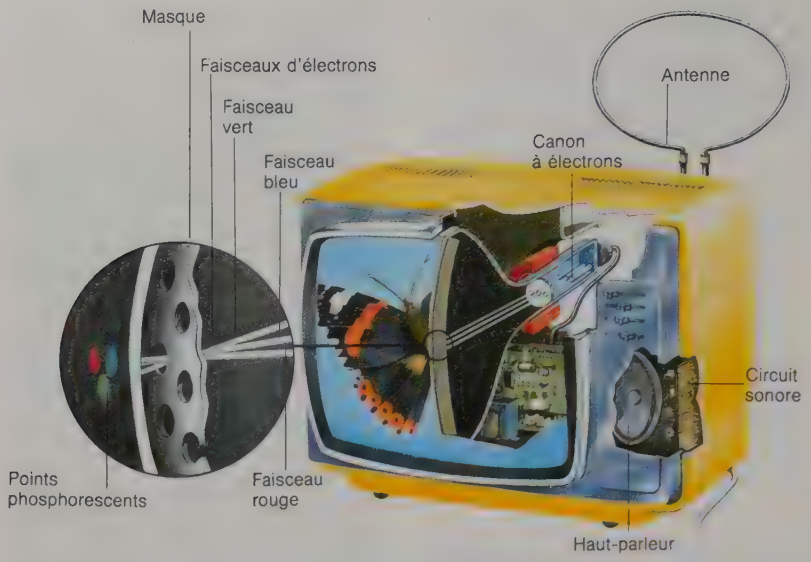


▲ Comment les images télévisées sont-elles retransmises ?

La caméra qui se trouve dans le studio de télévision produit un signal électrique. Ce signal est conduit jusqu'à l'émetteur, qui l'envoie dans l'espace sous forme d'ondes. L'antenne qui se trouve sur le toit des habitations reçoit ces ondes et les reconvertit en signaux électriques dans le poste, qui finalement reconstitue l'image initiale.

De la caméra à l'émetteur de la station de télévision, les signaux émis par la caméra voyagent dans des câbles spéciaux. Pour une caméra en reportage, le signal est émis depuis un car spécialement équipé. L'émetteur principal renvoie finalement une onde sur laquelle sont réglés les téléviseurs de la région.

Comme les ondes de télévision ne voyagent pas sur de très grandes distances, il faut installer des relais qui répètent l'émission après l'avoir amplifiée. Les programmes relayés par satellites sont reçus par une station de réception dont les antennes mesurent jusqu'à 30 mètres de diamètre. Bientôt les satellites permettront aux usagers de recevoir directement les émissions avec des antennes de moins de 1 mètre !



◄ Comment un téléviseur donne-t-il des images en couleurs ?

Si l'on regarde de près l'image qui se forme sur l'écran d'un téléviseur couleur, on s'aperçoit qu'il y a une succession de petits points rouges, verts et bleus. Ces trois couleurs se mélangent quand on les observe de loin pour reformer une image en couleurs.

Une caméra couleur crée trois signaux différents, correspondant chacun à l'une de ces couleurs de base. Le téléviseur reçoit, par l'intermédiaire de l'antenne, ces trois signaux. Le canon à électrons possède en fait trois tubes qui correspondent chacun à une couleur. C'est donc la fusion de l'ensemble qui donne la vraie couleur.

Pour être sûr que le faisceau d'électrons de chaque tube produit bien la bonne couleur, on les guide par des trous pratiqués dans un masque spécial, placé juste derrière l'écran.

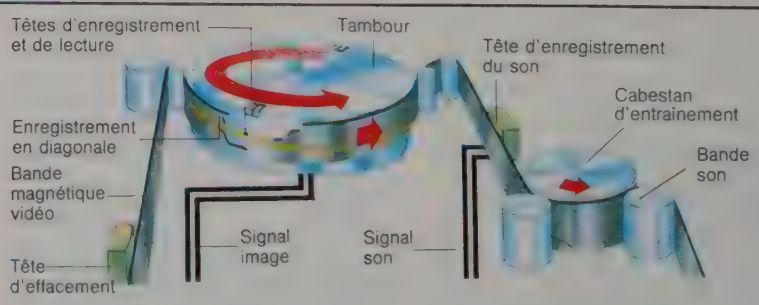
▲ Comment fonctionne un poste de télévision ?

L'antenne de télévision des particuliers capte le faible signal électrique émis par l'antenne de la station. Ce signal parvient jusqu'au poste récepteur. Sa partie principale est un tube dans lequel se déplacent des électrons. Ceux-ci balaient la face avant du tube, qui correspond à l'écran ; ils illuminent cet écran et reforment l'image émise.

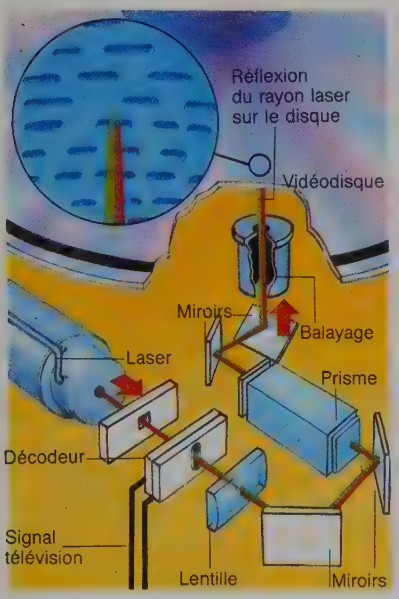
Le signal électrique reçu par l'antenne est une copie exacte de celui produit à la sortie de la caméra de prise de vues. C'est lui qui actionne le canon à électrons placé au départ du tube de télévision, qui s'élargit vers l'autre extrémité pour former l'écran du poste. Cet écran s'illumine sous le choc des électrons émis par le canon. L'image qui apparaît est formée ainsi d'une succession de petits points lumineux, alignés sur 625 lignes. Ces points sont renouvelés 25 fois par seconde.

► Comment marche un magnétoscope ?

Il est maintenant possible d'enregistrer les programmes de télévision sur cassettes, à l'aide d'un magnétoscope. Cette cassette (appelée cassette-vidéo) renferme une bande semblable aux bandes magnétiques des cassettes sonores.



Un magnétoscope est en quelque sorte un téléviseur sans écran ; l'écran est remplacé par une bande magnétique enroulée dans une cassette, qui conserve l'émission comme une bande de magnétophone conserve le son. Il y a dans un magnétoscope des têtes de lecture et d'enregistrement, comme dans un magnétophone ; la différence est que la bande est plus large, plus longue et défile plus vite devant la tête. Par ailleurs, l'enregistrement ne se fait pas dans le sens de la longueur mais en diagonale, pour gagner de la place. Le son, lui, est enregistré longitudinalement, sur le bord de la bande.



◄ Qu'est-ce qu'un vidéodisque ?

Un vidéodisque est un peu comme un disque sonore ; la différence c'est qu'il permet de reproduire des images au lieu de sons. Pour le « lire » il faut disposer d'un lecteur spécial, relié à un téléviseur.

A la différence du magnétoscope, le vidéodisque ne permet pas d'enregistrer soi-même des images ; celles-ci sont déjà inscrites dans le disque.

Il existe plusieurs systèmes de vidéodisques. L'un possède un sillon spiralé, que suit un stylet. L'image est enregistrée sous forme d'une série de charges électriques variables détectées par une électrode placée dans le stylet.

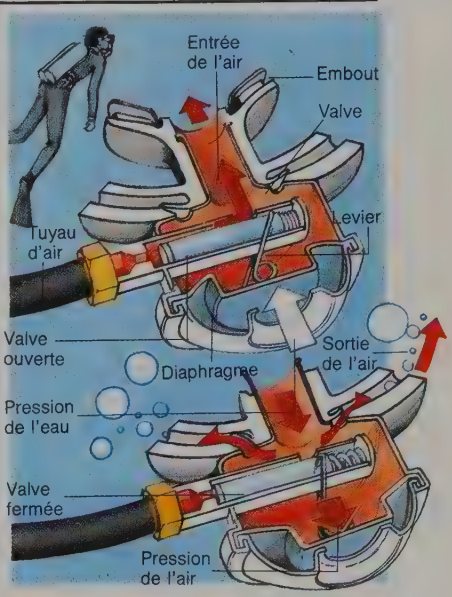
Le système que l'on voit ici utilise un faisceau laser qui balaie une ligne plus ou moins opaque. Les variations de la lumière réfléchie sont interprétées par un décodeur qui reconstitue l'image enregistrée.

► A quoi servent les bouteilles de plongée ?

L'équipement du plongeur comprend une ou deux bouteilles qui renferment de l'air comprimé ou de l'oxygène ; c'est grâce à elles que le plongeur peut nager librement sous l'eau sans refaire surface régulièrement pour respirer. Ces bouteilles se fixent dans le dos et fournissent l'air par un tuyau terminé par un embout.

Pour que le plongeur sous-marin respire facilement, il faut que l'air qu'il respire ainsi soit à la même pression que l'eau dans laquelle il nage.

A la sortie de la bouteille, un diaphragme mobile permet de laisser passer l'air ou de l'arrêter, suivant que le plongeur inspire ou expire. A l'expiration, l'arrivée d'air ou d'oxygène est coupée, et une valve s'ouvre pour laisser s'échapper le gaz carbonique relâché.



◄ Comment fonctionne un parachute ?

Quand un parachute s'ouvre, il se déploie au-dessus du parachutiste. C'est sa résistance à l'air qui ralentit la chute. Le parachutiste peut tirer sur les ficelles pour diriger son point de chute.

Au départ, le parachute est soigneusement replié. Il est généralement associé à un parachute plus petit (parachute-pilote), qui aide le plus grand à s'ouvrir. Dans le grand dais sont parfois taillées des ouvertures qui laissent passer l'air et permettent de mieux diriger la chute.

Un parachute descend à vitesse constante. Lorsque le parachutiste touche le sol, sa vitesse est d'environ 4 mètres par seconde (15 km/h) ; l'impact (le choc) est le même que si l'on saute depuis un mur de 2 mètres de haut.

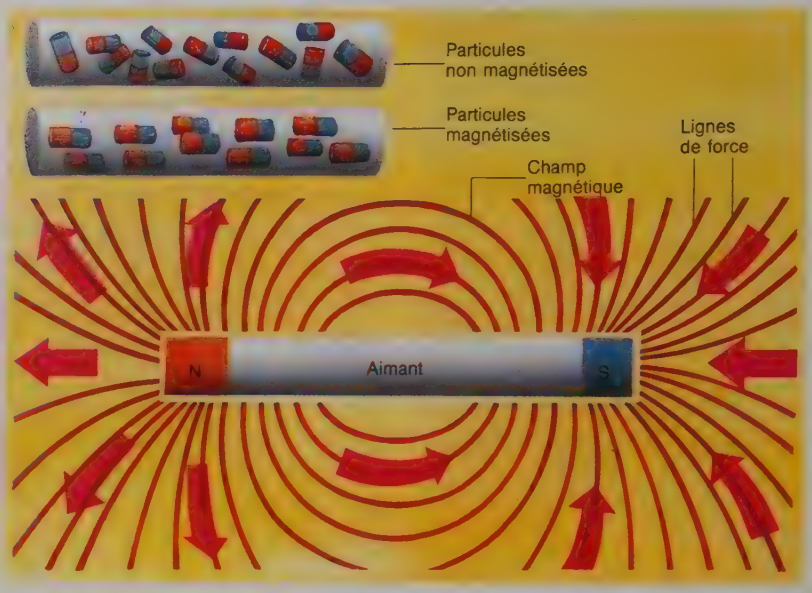
A l'atterrissage il faut se débarrasser immédiatement du parachute pour ne pas être tiré par le vent. Certains parachutes permettent de planer et donc de choisir son point d'arrivée.

► Comment agit un aimant ?

A l'intérieur d'un aimant il y a de minuscules particules métalliques aimantées ; chacune d'entre elles agit comme un aimant individuel. Dans un aimant manufacturé, ces particules s'alignent. C'est ainsi que si l'on coupe un aimant en deux, l'on obtient deux aimants séparés, et ainsi de suite.

Un matériau métallique à base de fer renferme des particules magnétisées (aimantées) mais orientées dans tous les sens, si bien que le magnétisme général s'annule. Si on aligne ces particules avec un aimant, le matériau se magnétise à son tour pour quelque temps. L'expérience est facile à faire avec une aiguille frottée sur un aimant.

L'aimant naturel est un oxyde de fer appelé magnétite.



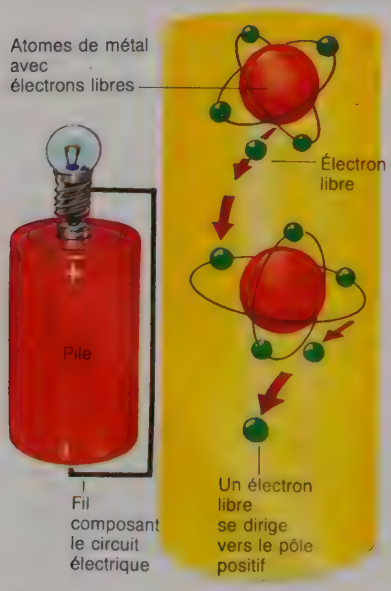
▲ Qu'est-ce qu'un champ magnétique ?

C'est cette force invisible grâce à laquelle l'aimant peut attirer à lui des objets métalliques en fer. Elle fait aussi que des aimants peuvent s'attirer entre eux par les pôles de signe contraire, et se repousser par les pôles de même signe.

Tout aimant possède un pôle nord et un pôle sud. On peut les reconnaître grâce à une aiguille aimantée. L'extrémité qui attire la pointe bleue de la boussole est le pôle nord.

Des lignes invisibles, les lignes de force, relient les deux pôles en passant par l'extérieur de l'aimant. On les visualise en disposant de la limaille de fer sur une plaque mince et en plaçant au-dessous un aimant.

La Terre est un gigantesque aimant. Son champ magnétique l'enveloppe et se referme au niveau des pôles ; ainsi, l'aiguille aimantée est attirée vers le pôle Nord.



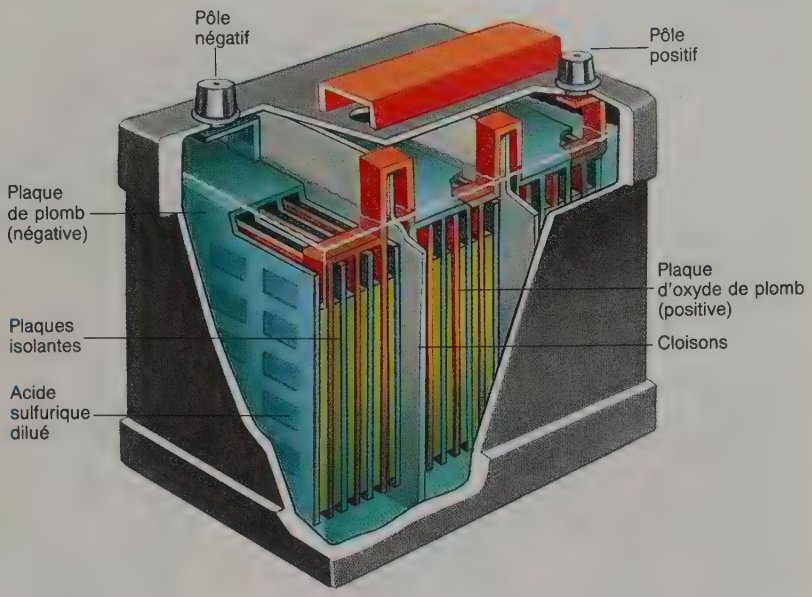
◄ Comment circule le courant électrique ?

Quand le courant passe dans un fil électrique, c'est que de petites particules appelées électrons se déplacent parmi les atomes du métal de ce fil. Chaque électron est doté d'une petite charge électrique. Dans le filament d'une ampoule électrique allumée, il circule chaque seconde deux milliards de milliards d'électrons !

Les électrons sont fournis par une source d'électricité, comme les batteries ou les générateurs des centrales. Chaque électron possède une charge négative. Ces électrons en mouvement, qui forment l'électricité, ne circulent bien qu'à travers des métaux comme le fer et le cuivre ; simplement parce que les atomes de fer et de cuivre contiennent des électrons faciles à déloger. En général les métaux sont conducteurs de l'électricité. Les corps qui conduisent mal l'électricité (bois, verre, porcelaine) sont appelés isolants.

► Comment fonctionne une batterie d'automobile ?

Une batterie est une réserve d'électricité. A l'intérieur, des plaques de plomb baignent dans un acide. C'est la réaction entre le métal et l'acide qui produit le courant électrique.

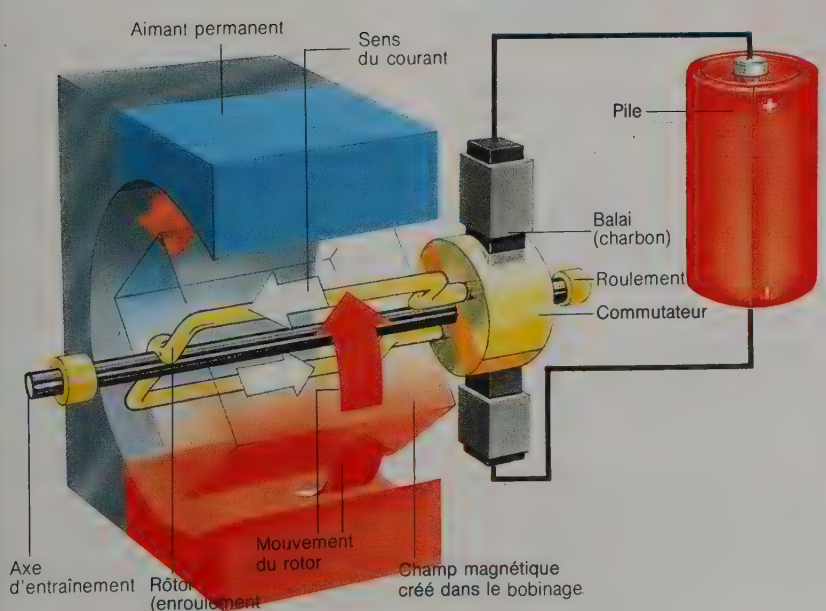


Les plaques d'une batterie sont disposées par paires. L'une des plaques de chaque paire est faite de plomb spongieux, l'autre de bioxyde de plomb. Ces plaques baignent dans de l'acide sulfurique. Chaque paire est isolée des autres. Toutes les plaques de plomb sont reliées au pôle négatif de la batterie, toutes les plaques de bioxyde au pôle positif.

Quand la batterie fournit du courant, les plaques sont attaquées par l'acide et se transforment en sulfate de plomb. Ainsi, des électrons sont produits en grande quantité par la plaque de plomb spongieux et se dirigent vers la plaque de bioxyde de plomb. Cette circulation crée un courant électrique. Lorsque toutes les plaques sont recouvertes de sulfate, l'accumulateur ne produit plus rien. Il faut alors le recharger avec une source électrique extérieure.

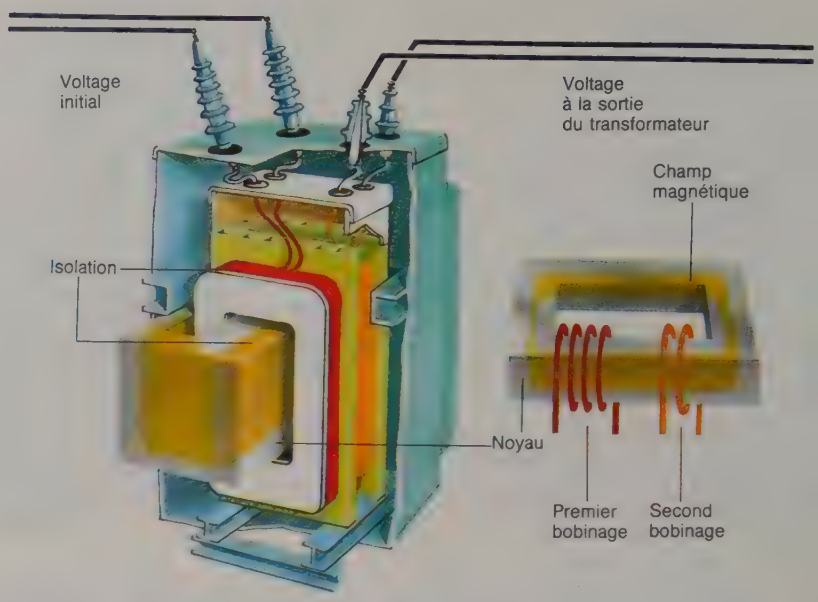
▼ Comment marche un moteur électrique ?

Dès qu'on alimente un moteur électrique, il commence à tourner. Il peut alors entraîner les roues d'un mini-train électrique, par exemple. Le courant électrique sert à magnétiser un enroulement de fil métallique situé à l'intérieur du moteur. Placé dans le champ magnétique d'un aimant permanent, ce bobinage se met à tourner.



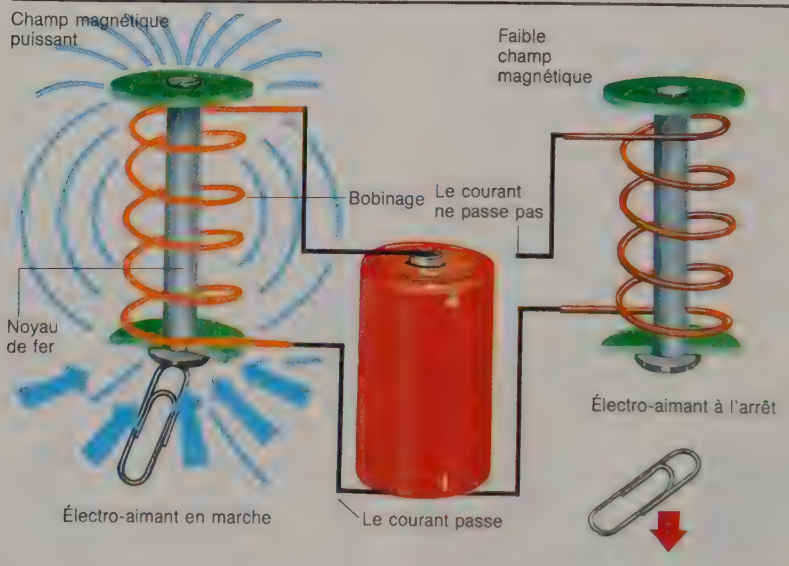
L'enroulement, appelé rotor, est placé sur un axe entre les pôles d'un aimant. Quand le courant électrique le traverse, ce bobinage devient lui aussi magnétique. Le pôle sud de l'enroulement est alors attiré par le pôle nord de l'aimant et vice versa. L'axe se met donc à tourner, mais il resterait dans cette position si on n'inversait pas le sens du courant ; l'ancien pôle nord du rotor devient sud et inversement, si bien que les pôles se repoussent. Puis on inverse à nouveau le courant et ainsi de suite. De la sorte, le rotor tourne continuellement. C'est un contacteur tournant avec balais qui commute (inverse) le courant à chaque demi-tour.

► A quoi sert un transformateur ?



Un transformateur sert à modifier la tension d'un courant électrique, c'est-à-dire son voltage. A l'intérieur du transformateur il y a deux enroulements de fil électrique autour d'un noyau métallique. Le courant qui passe dans le premier bobinage crée un champ magnétique, qui provoque l'apparition d'un courant dans le deuxième bobinage. Ce courant est plus ou moins fort que le premier, suivant le nombre de tours des deux bobinages.

Un transformateur ne transforme que du courant alternatif. Les transformateurs sont utilisés pour le transport du courant électrique sur de grandes distances. Car plus la longueur des lignes électriques est grande et plus le courant perd de son énergie en route. Pour limiter les pertes, il faut le faire voyager sous un très fort voltage. A l'arrivée, le voltage est abaissé dans une série d'autres transformateurs.



▲ Qu'est-ce qu'un électro-aimant ?

Un électro-aimant est une sorte d'aimant alimenté par l'électricité. Quand le courant ne passe pas, il ne possède aucune aimantation. C'est ce qui le différencie d'un aimant naturel, aimanté en permanence.

Un électro-aimant se compose d'une grande longueur de fil électrique (de cuivre) enroulé autour d'une tige de fer. Quand un courant électrique circule à travers ce bobinage, celui-ci devient soudain fortement magnétisé à l'intérieur. Le noyau de fer concentre ce magnétisme et le renforce. Mais quand on coupe le courant, le noyau se démagnétise aussitôt.

De gros électro-aimants placés sur des grues de levage permettent de soulever des masses métalliques de plusieurs tonnes. Lorsque l'objet a été déplacé au bon endroit, il suffit de couper le courant pour libérer l'électro-aimant.

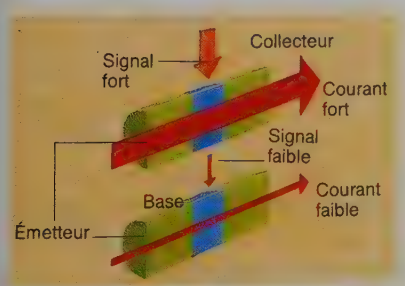
Les électro-aimants ont beaucoup d'applications. On en trouve de très puissants dans l'industrie et de plus petits dans les laboratoires, par exemple à l'intérieur des appareils de mesure. Il y en a également à l'intérieur des magnétophones, des haut-parleurs et des carillons de porte.

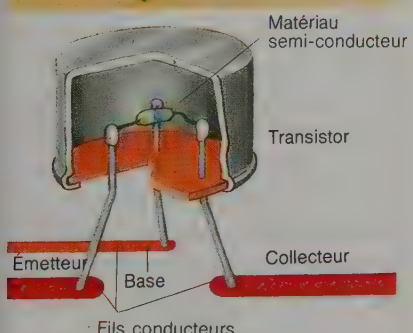
▼ Que fait un transistor ?

Les postes de radio et de télévision renferment des transistors. Il y en a en général dans tous les appareils électroniques. Le rôle du transistor est d'amplifier de faibles courants électriques dans les circuits électroniques. Ils peuvent aussi jouer le rôle d'interrupteurs, en bloquant le courant en certains endroits du circuit, et en le laissant passer ailleurs.

Un transistor est composé d'un matériau appelé semi-conducteur formé de trois couches. La couche centrale, très fine, est la base ; les couches extérieures, plus épaisses, sont l'émetteur et le collecteur.

Le courant électrique se déplace de l'émetteur vers le collecteur mais il est stoppé par la base. Un faible courant appliqué sur cette base peut le laisser passer. Le flux de courant qui traverse le transistor varie ainsi suivant le courant qui est appliqué à la base. Le transistor peut donc amplifier un signal électrique.





▲ Qu'est-ce qu'une puce électronique ?

Dans un circuit électronique, comme celui d'une calculatrice par exemple, il y a des composants de très petites dimensions que l'on appelle des « puces ». Ces puces renferment plusieurs centaines de transistors.

Ces puces ne contiennent pas seulement des transistors mais aussi d'autres composants comme des résistances ou des condensateurs. Tous ces composants doivent travailler à très grande vitesse avec de faibles courants électriques ; ils doivent donc être aussi rapprochés que possible. La technique a permis de les miniaturiser à l'extrême, ce qui fait qu'ils peuvent tenir sur un tout petit carré de quelques millimètres de côté ; le support est en général en silicium.

▲ Comment fabrique-t-on les puces ?

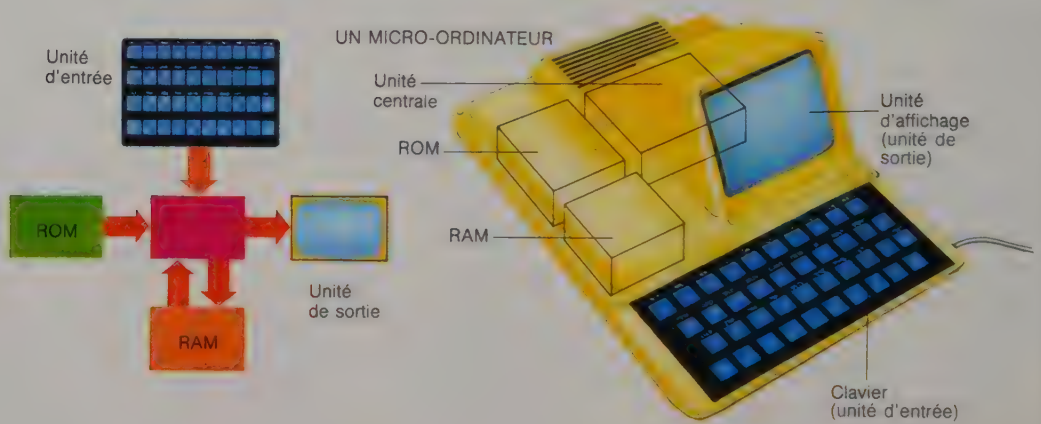
Les puces électroniques sont fabriquées à partir de fines plaques de silicium. Le silicium est un matériau très répandu dans l'écorce terrestre ; on en trouve notamment dans le sable. Les circuits électroniques sont créés sur la plaque de silicium par photogravure.

Une puce se compose en fait de plusieurs couches superposées. Le schéma électrique des différentes couches est réduit par une méthode photographique et projeté sur la plaque de silicium. On obtient une image de silice appelée masque, dans laquelle les vides reproduisent la forme du circuit. La silice est ensuite traitée pour que les vides du masque modifient les propriétés électriques de la plaque de silicium située en dessous. De cette façon, il y a en surface des régions de propriétés électriques différentes. Les couches sont ainsi superposées et connectées, l'ensemble formant un circuit complet.

▸ Comment marche une montre à quartz ?

Les montres à quartz affichent l'heure sous forme de chiffres. Le cœur de ces montres est un cristal de quartz qui vibre un nombre précis de fois chaque seconde. A chaque vibration, le cristal envoie un faible courant électrique. Un petit circuit électronique compte le nombre d'impulsions ainsi envoyées, et change l'affichage des chiffres au cadran.

Le cristal de quartz a la propriété de produire un signal électrique quand on le comprime ou quand on l'étire. Un courant électrique produit par une pile fait vibrer le cristal, lequel à son tour délivre un courant à un rythme très précis. Cette fréquence est enregistrée par un microcircuit électronique (une « puce ») qui émet chaque seconde un autre signal électrique, qui agit sur l'affichage. Le circuit compte ces secondes pour déclencher l'affichage d'une minute supplémentaire après 60 coups, et de même pour les heures, les jours...



▲ Comment fonctionne un ordinateur ?

Pour faire travailler un ordinateur, il faut lui donner un programme. Un ordinateur ne peut pas travailler si on ne lui dit pas ce qu'il faut faire. Par exemple, additionner deux nombres. Après quoi, il faut introduire ces deux nombres, que l'on appelle des « données ».

Tout ordinateur, qu'il soit petit ou gros, renferme essentiellement quatre parties : les unités d'entrée, la mémoire centrale, le calculateur (ou processeur) et les unités de sortie. L'unité d'entrée la plus courante est un clavier à touches. C'est lui qui permet d'introduire dans la machine le programme de travail, diverses instructions ou des données. Le programme et les données sont tous deux stockés dans la mémoire vive. Cette mémoire (RAM) peut être alimentée par des disquettes ou des bandes magnétiques.

Une autre mémoire est appelée ROM (mémoire morte). Elle renferme les instructions qui agissent sur le cerveau électronique lui-même. Une fois les calculs effectués, le calculateur envoie les résultats vers l'unité de sortie, c'est-à-dire un écran ou une imprimante.

▲ Combien de nombres utilisent les ordinateurs ?

Les ordinateurs n'utilisent que deux nombres pour travailler ! Ces nombres sont le zéro et le 1. Dans un ordinateur, les lettres et les chiffres que nous introduisons sont ainsi transformés en codes faits uniquement de 0 et de 1. C'est le langage binaire.

C'est l'unité centrale, c'est-à-dire le « cerveau », qui transforme les chiffres, lettres et autres signes en nombres binaires. Ceux-ci peuvent alors être traités par les circuits électroniques, car ils correspondent aux deux seuls états électriques possibles ; 1 : le courant passe, 0 : il ne passe pas. Par une série d'ouvertures et de fermetures de circuits, exécutées à grande vitesse, l'ordinateur parvient à effectuer très rapidement des opérations compliquées. Cela bien que le moindre chiffre corresponde à une longue série de 0 et de 1. Le résultat final est ensuite décodé pour l'affichage.

▼ A quelle vitesse travaillent les ordinateurs ?

Les ordinateurs les plus puissants qui existent actuellement sont capables d'exécuter environ 1 000 milliards d'opérations par seconde !

L'un des problèmes les plus complexes qu'ils aient à résoudre est la prévision du temps. Pour savoir ce que sera l'atmosphère du lendemain, il est nécessaire d'effectuer plusieurs millions de calculs différents, en raison du très grand nombre d'éléments qui entrent en jeu. Seul un super-ordinateur peut venir à bout de tels calculs.

Si un ordinateur peut travailler à très grande vitesse c'est parce qu'il décompose les calculs à effectuer en une multitude d'opérations élémentaires qui ne font intervenir que des chiffres binaires ; or ces chiffres binaires sont des codes électriques qui peuvent être traités très rapidement par un circuit électronique. L'unité centrale réunit tous ces calculs et résout ainsi le problème.

▼ Comment un ordinateur peut-il parler ?

Certains ordinateurs possèdent une unité de synthèse de la parole capable de prononcer un certain nombre de mots. Chaque mot possède son propre code électrique. C'est une « puce » qui, à l'intérieur de l'ordinateur, produit ce code ; il est ensuite envoyé vers le codeur de voix, qui produit un son par un haut-parleur.

Les ordinateurs qui parlent sont utilisés, par exemple, pour donner des informations aux opérateurs non spécialisés. Leur voix a un timbre particulier, un peu « métallique ».

Le codeur de voix renferme un synthétiseur de parole (il la « fabrique »). Ce synthétiseur peut fonctionner dans les deux sens, c'est-à-dire que l'on peut aussi parler à l'ordinateur. Les sons prononcés dans la machine sont convertis en signaux électriques, qui eux-mêmes deviendront un signal binaire, le seul que les circuits de l'ordinateur puissent comprendre.

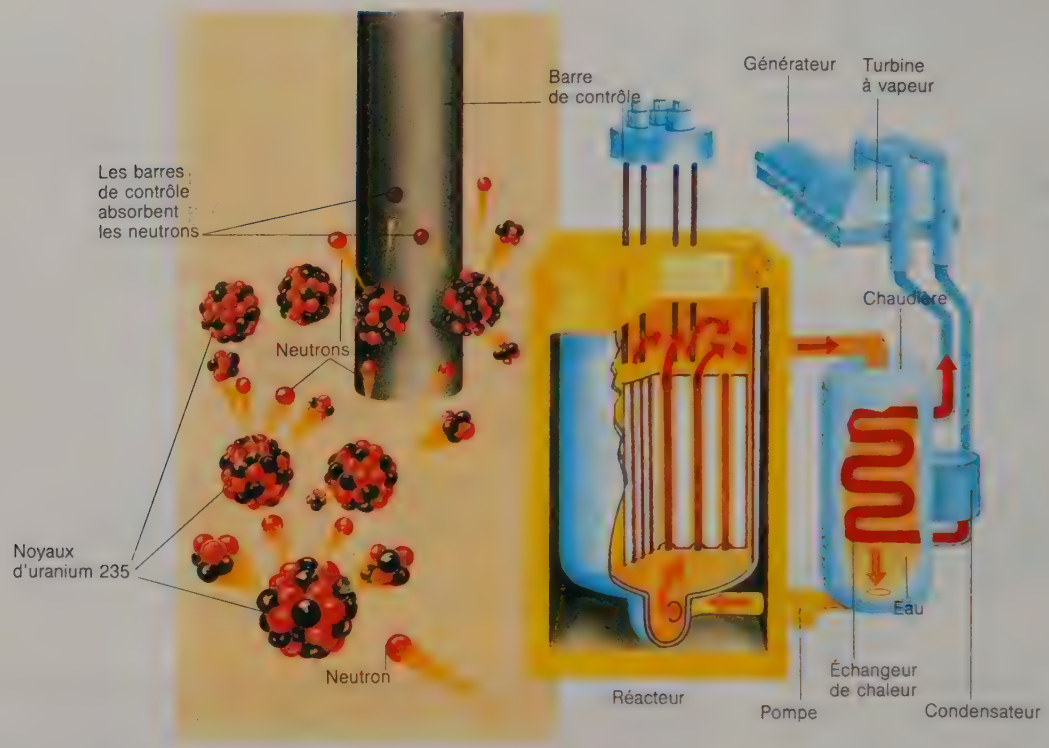
▼ Comment fonctionne un réacteur nucléaire ?

Les centrales nucléaires possèdent des réacteurs nucléaires qui consomment de l'uranium. Cet uranium dégage beaucoup de chaleur, qui permet de chauffer un fluide (liquide ou gaz). Ce fluide fait bouillir de l'eau, dont la vapeur actionne la turbine d'un générateur produisant de l'électricité.

Dans le cœur du réacteur, les noyaux des atomes d'uranium se brisent sous le bombardement de neutrons. En se brisant, ils libèrent d'autres neutrons qui à leur tour deviennent des projectiles, etc. Cette réaction en chaîne est contrôlée par des barres de graphite qui plongent dans le réacteur, et absorbent une partie de ces neutrons.

Les collisions qui se produisent sont suffisantes pour dégager la chaleur nécessaire au fonctionnement du réacteur. Si le réacteur s'emballe, s'il commence à chauffer trop, les barres de contrôle tombent automatiquement et l'arrêtent.

Le fluide utilisé est généralement de l'eau ou du gaz carbonique. Il sert à vaporiser de l'eau dans un échangeur, mais dans certains réacteurs la vapeur est produite directement autour du réacteur. Après avoir actionné une turbine, cette vapeur se condense pour redonner de l'eau, qui repart vers l'échangeur ou le réacteur.



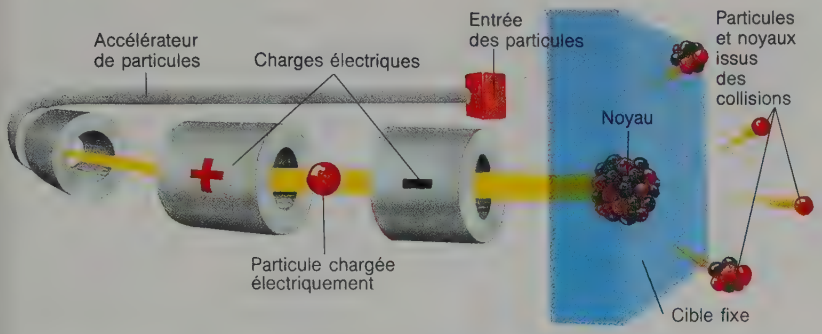
▲ Pourquoi l'énergie nucléaire est-elle si importante ?

L'énergie nucléaire produite dans les centrales ou par les bombes atomiques provient de particules qui se trouvent au cœur des atomes. Ces particules sont liées entre elles par une force très puissante. Si l'on parvient à vaincre cette force, la cassure des atomes dégage une énergie considérable.

Dans un réacteur, la réaction nucléaire est contrôlée ; de cette façon on produit une énergie utilisable. Le combustible nucléaire est une variété d'uranium, l'uranium 235.

Quand le noyau d'un atome U 235 est frappé par un neutron, il se brise en protons et en neutrons, qui sont des particules microscopiques. Les neutrons libérés peuvent alors frapper d'autres atomes d'uranium et les briser, ce qui libère de nouveaux neutrons ; eux-mêmes vont briser d'autres atomes et ainsi de suite. Les barres de graphite placées dans le réacteur freinent cette réaction, qui se produit à un rythme régulier. Dans une bombe nucléaire, au contraire, toute l'énergie est libérée brutalement, en une fraction de seconde.

Cette énergie fantastique est obtenue à partir d'une très petite quantité de matière. D'où l'intérêt du nucléaire.



▲ Comment des atomes peuvent-ils être brisés ?

Tous les corps sont constitués de très petites particules appelées atomes. Ces atomes ne peuvent normalement pas être brisés ; sinon, les corps se disloqueraient. Les scientifiques sont toutefois parvenus à briser des atomes pour étudier les particules qu'ils renferment.

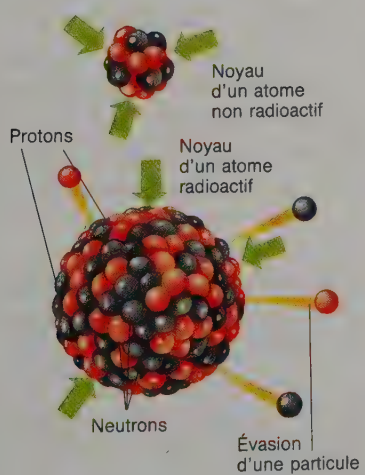
Pour briser ces atomes, on utilise des accélérateurs de particules. En consommant une très grande quantité d'électricité, ils produisent des faisceaux de particules. Celles-ci, chargées électriquement sont accélérées à de très grandes vitesses, et projetées contre une cible fixe. Sous la collision, les atomes de cette cible se trouvent brisés. Les particules qui les constituent sont enregistrées par des détecteurs.

► Comment peut-on déterminer l'âge des fossiles ?

Les fossiles sont des restes d'animaux et de plantes préhistoriques. Ils ont généralement plusieurs millions d'années. Les fossiles, ou les roches dans lesquelles ils se trouvent, sont toujours légèrement radioactifs. En mesurant cette radioactivité, on peut connaître leur âge.

La radioactivité d'un matériau diminue au fur et à mesure que le temps passe.

Comme les plantes et les animaux fossilisés ont une légère radioactivité, il suffit d'en mesurer l'intensité pour connaître leur âge. La radioactivité commence en effet à diminuer dès qu'ils meurent. Pour les roches, elle diminue dès le moment de leur formation. En déterminant l'âge des roches on peut donc connaître celui des fossiles qu'elles contiennent.



◄ Qu'est-ce qui rend certains corps radioactifs ?

Certains matériaux émettent des rayons invisibles, que l'on appelle « radioactivité ». Certains de ces rayons sont comme les rayons X (voir page 67). D'autres sont des émissions de particules microscopiques. Ces particules sont créées par des atomes qui se brisent à l'intérieur de corps radioactifs comme l'uranium.

Au centre de chaque atome il y a un noyau. Celui-ci est constitué de très petites particules : les protons et les neutrons. Un corps dont les atomes comportent de très nombreux protons et neutrons est instable. En trop grand nombre, ces particules, en effet, ne peuvent pas rester liées. Certaines s'échappent du noyau, provoquant un rayonnement radioactif, appelé alpha ou bêta. Dans le premier, 2 protons sont associés à 2 neutrons ; dans le second, la cassure de neutrons produit des électrons.

▲ Qu'est-ce que le laser ?

Le laser produit un très mince mais très intense pinceau de lumière colorée. A l'intérieur de l'appareil, au départ du faisceau, on trouve un cristal. Ce cristal reçoit de l'énergie qu'il emmagasine, puis libère brutalement.

Les premiers lasers utilisaient comme matériau actif, producteur de lumière, un cristal de rubis. Maintenant on utilise aussi des gaz. L'énergie que l'on applique au matériau actif peut être de la lumière ou de l'électricité. Les atomes de ce matériau absorbent cette énergie, puis ils la libèrent tous au même moment.

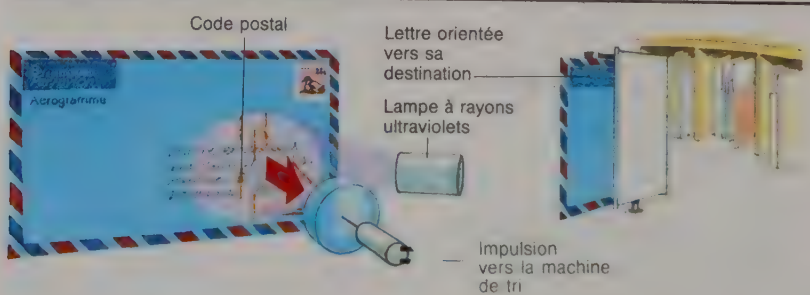
On voit jaillir alors un faisceau de lumière appelée lumière « cohérente » ; elle est émise dans une direction bien déterminée, et sur une seule longueur d'onde, c'est-à-dire une seule couleur.

► A quelle vitesse se déplace la lumière ?

La lumière se déplace à une vitesse proche de 300 000 kilomètres par seconde (environ 1 milliard de km/h !). Il lui faut à peine plus d'une seconde pour venir de la Lune, et environ 8 minutes pour arriver du Soleil. En une seconde, la lumière peut faire 7 fois le tour de la Terre. Mais il lui faut plusieurs années pour franchir la distance qui nous sépare des plus proches étoiles.

La vitesse exacte de la lumière est 299 792,4 kilomètres par seconde, dans le vide. En traversant l'eau, l'air, le verre ou tout autre matériau transparent, elle est ralentie.

Les ondes de radio et de télévision, les ondes radar, les rayons infrarouges et ultraviolets se déplacent également à la vitesse de la lumière. C'est la plus grande vitesse que l'on puisse atteindre dans l'Univers.

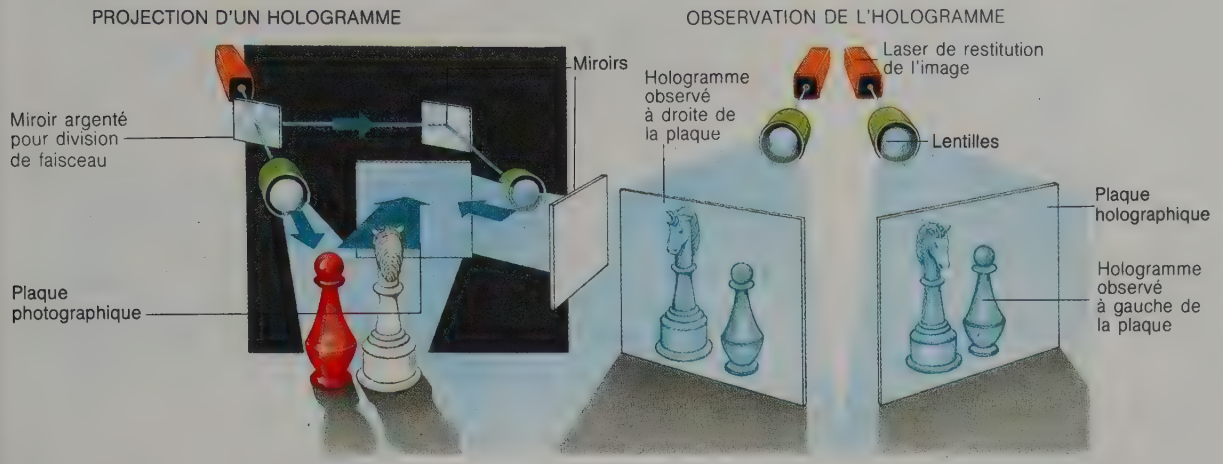


▲ Comment utilise-t-on les rayons ultraviolets ?

La lumière ultraviolette est invisible pour notre œil. Mais lorsqu'elle frappe des matériaux fluorescents, ils deviennent lumineux. On utilise donc cette lumière pour obtenir des effets spéciaux dans l'obscurité ; c'est ce que l'on appelle aussi la « lumière noire ». Les peintures fluorescentes sont également employées pour certains panneaux.

Les barres de codage pour le tri automatique des lettres sont également fluorescentes. Une lampe émettant des rayons ultraviolets éclaire les enveloppes qui sont lues par une machine spéciale ; cette machine ne voit que ces barres et rien d'autre. La lettre est alors dirigée vers le bon compartiment.

Des rayons ultraviolets sont émis par le Soleil, et provoquent le « bronzage » de la peau. Sans excès, ils sont bons pour la santé, car ils aident l'organisme à assimiler la vitamine D, nécessaire à la croissance.



▲ Qu'est-ce qu'un hologramme ?

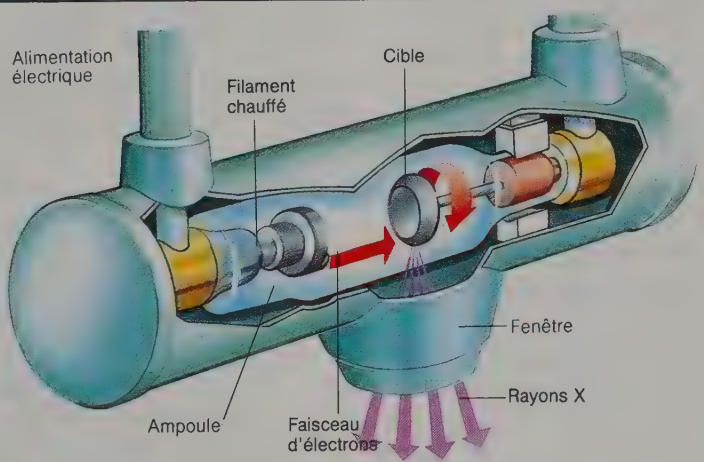
Un hologramme est une image étonnante qui semble avoir du relief, comme les objets que nous voyons autour de nous. Par exemple, en hologramme, on peut voir toutes les faces d'un cube successivement en se déplaçant ! Les hologrammes sont produits à l'aide de lasers.

Pour obtenir un hologramme, on commence par éclairer l'objet à reproduire avec un laser. La lumière réfléchie par l'objet et contenant, par ses décalages de phase, l'information de relief, est mélangée avec une fraction du faisceau initial servant de référence ; d'où un système de franges d'interférence, qui est enregistré sur une plaque photographique disposée dans la zone de mélange. Pour restituer l'image, on éclaire la plaque, en transparence, avec le faisceau de référence. Une image virtuelle apparaît, avec son relief. Sa couleur est cependant unique : c'est celle du laser.

Dans les hologrammes acoustiques, c'est un rayonnement sonore qui remplace le rayonnement lumineux.

► Comment produit-on les rayons X ?

Quand on passe une radiographie, une ampoule spéciale envoie une bouffée de rayons X à travers notre corps. Ces rayons sont invisibles et l'on ne sent rien. Une plaque photographique placée de l'autre côté enregistre l'image de l'intérieur du corps, car certaines partie (les os notamment) absorbent ces rayons.



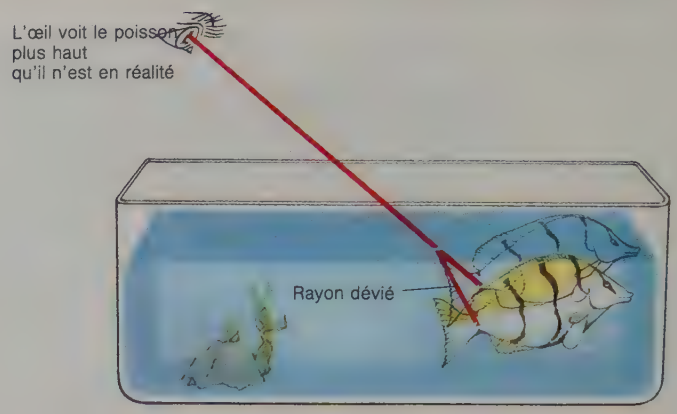
L'ampoule qui produit les rayons X renferme un filament qui est chauffé de manière à produire un jet d'électrons. Un dispositif créant un courant de très fort voltage accélère ces électrons vers une cible métallique. Les électrons sont arrêtés par la cible, ce qui provoque l'émission de rayons X.

Ces rayons traversent le corps du patient ; mais les os et les dents, en particulier, ne se laissent pas traverser. Le film qui enregistre les rayons n'est donc pas impressionné à cet endroit, ce qui permet par exemple de repérer la fracture d'un os. La plaque photo peut être remplacée par un écran fluorescent ; dans ce cas c'est une radioscopie.

A forte dose, les rayons X sont utilisés dans le traitement du cancer.

► Pourquoi les objets paraissent-ils plus proches sous l'eau ?

Si l'on essaie de saisir un objet dans un bassin ou une piscine, on s'aperçoit qu'il est plus loin qu'on ne croyait, parce que les rayons lumineux sont déviés lorsqu'ils passent de l'eau dans l'air.



Les rayons lumineux qui partent de l'objet en question se déplacent vers la surface. Lorsqu'ils passent dans l'air, le changement de milieu provoque leur déviation.

Comme nos yeux ont l'habitude de recevoir des rayons lumineux en ligne droite, nous prolongeons inconsciemment le trajet sous l'eau ; ainsi l'objet observé paraîtra plus près, sous la surface, qu'il n'est en réalité.

L'œil voit une image agrandie de l'objet

◄ Comment agit une loupe ?

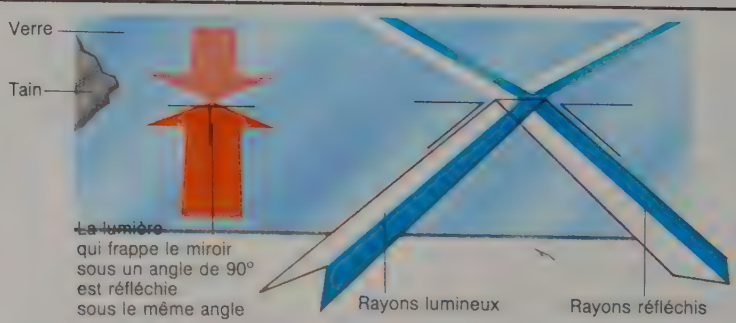
Les rayons lumineux provenant d'un objet que l'on examine à la loupe traversent cette loupe avant de pénétrer dans l'œil. Durant cette traversée, ils sont déviés de telle sorte qu'ils semblent provenir d'un objet beaucoup plus large. C'est pourquoi la loupe grossit.

Les loupes sont des lentilles de verre. En passant de l'air dans le verre, puis du verre dans l'air, les rayons lumineux se trouvent déviés. Une loupe est une lentille convexe, qui ramène tous les rayons en un seul point, situé derrière la lentille.

Une lentille convergente peut aussi projeter sur un écran l'image d'objets éclairés placés devant elle. C'est ainsi que l'on peut projeter avec une loupe l'image du Soleil sur une feuille de papier ; la concentration des rayons lumineux est telle que la chaleur fait brûler le papier.

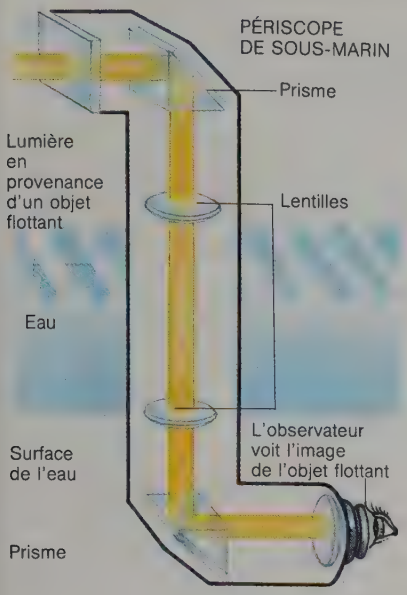
► Comment peut-on se voir dans un miroir ?

Quand on se regarde dans un miroir, les rayons lumineux vont de nous vers le miroir, puis se trouvent renvoyés dans nos yeux. Ainsi, pouvons-nous voir notre image.



Un miroir est une plaque de verre dont l'envers est revêtu d'une pellicule réfléchissante, le tain. Les rayons lumineux traversent l'épaisseur du verre, se réfléchissent sur le tain, et repartent. Sur un miroir plan, les rayons repartent sous un angle égal à celui qu'ils avaient en arrivant. L'image observée dans le miroir n'est donc pas déformée ; elle est seulement inversée droite-gauche.

En effet, le miroir renvoie le côté droit à droite, et le gauche à gauche. Mais l'objet réfléchi se présente comme s'il se trouvait derrière le miroir : son côté droit serait alors à gauche. D'où l'inversion.



▲ Où utilise-t-on un périscope ?

Le périscope permet d'observer des objets qu'on ne peut normalement découvrir que si l'on se trouve plus haut. Un périscope simple possède deux miroirs inclinés à 45°, et placés l'un au-dessus de l'autre. La lumière provenant de l'objet observé frappe le miroir supérieur, qui la renvoie vers le miroir inférieur ; celui-ci la dévie finalement à l'horizontale, dans l'œil de l'observateur.

Les sous-marins sont dotés de périscopes qui leur permettent d'examiner ce qui se trouve à la surface de la mer tout en restant immergés. Le principe en est le même que pour celui décrit ci-dessus, mais les miroirs sont remplacés par des prismes ; cela donne une image de meilleure qualité. En outre, des lentilles à chaque extrémité du périscope grossissent l'image observée.

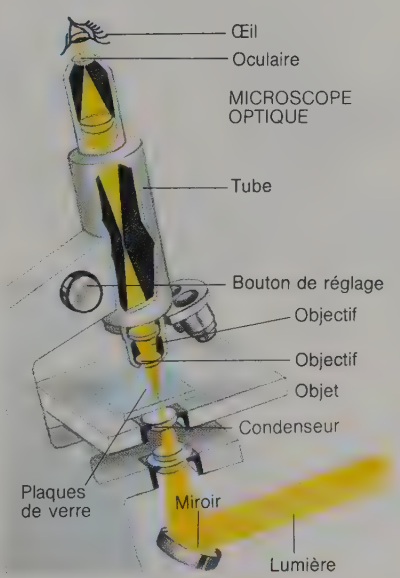
Les périscopes ont de nombreuses applications ; ils permettent par exemple d'examiner l'intérieur de certaines machines ou de réacteurs nucléaires.

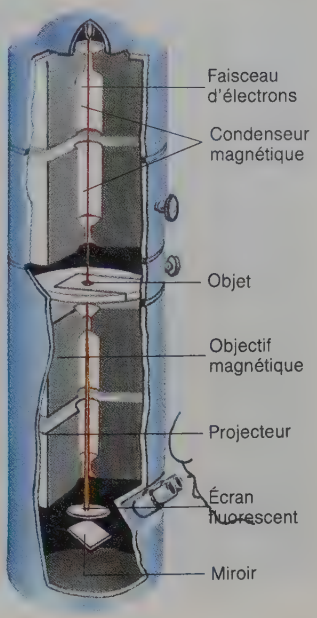
▼ Combien de fois un microscope peut-il grossir ?

Dans un microscope on peut voir des objets minuscules fortement grossis. Un puissant microscope peut grossir jusqu'à 2 500 fois. Au-delà, il faut utiliser des microscopes électroniques.

Tout en bas du microscope, un miroir et une lentille appelée condenseur concentrent le maximum de lumière sur l'objet à examiner ; celui-ci est généralement placé entre deux plaques de verre. Le tube du microscope est alors rapproché jusqu'à quelques millimètres au-dessus, de manière à obtenir une image nette. Un système de lentilles à l'intérieur de ce tube grossit cette image. La première lentille (objectif) forme une image primaire que la seconde lentille (oculaire) grossit.

Le grossissement se calcule en multipliant le grandissement de l'image donnée par l'objectif, par le grossissement de l'oculaire. Les microscopes possèdent généralement plusieurs objectifs et plusieurs oculaires.





▲ Qu'est-ce qu'un microscope électronique ?

Un microscope électronique peut grossir jusqu'à un million de fois. Au lieu d'utiliser des rayons lumineux, il travaille avec des faisceaux de petites particules appelées électrons.

Les microscopes optiques ne peuvent pas grossir plus de 2 500 fois. Au-delà, l'image devient trop sombre et floue. En remplaçant les rayons lumineux par des faisceaux d'électrons, on peut obtenir des agrandissements supérieurs, 100 000 fois par exemple.

Le microscope électronique fonctionne cependant sur le même principe que le microscope optique. Mais les lentilles sont ici des bobinages produisant un fort champ magnétique. Le faisceau d'électrons qui est envoyé à travers l'objet à examiner se trouve dévié par ces lentilles magnétiques. L'image agrandie se forme sur un écran, rendu lumineux par le bombardement de ces électrons.

▲ L'eau a-t-elle une « peau » ?

Si l'on est très adroit, il est possible de faire flotter une aiguille à la surface de l'eau. C'est simplement parce que l'eau est recouverte d'une sorte de « peau » invisible. L'aiguille repose sur cette peau.

Les molécules d'eau s'attirent les unes les autres avec une force d'origine électrique. A la surface, ces molécules sont liées les unes aux autres avec encore plus de force, car il n'y a rien au-dessus d'elles. Cela crée une sorte de barrière invisible ; les molécules qui se trouvent en surface repoussent aussi tout objet qui vient à leur contact. Si cet objet est léger (c'est le cas d'une épingle), la pression des molécules d'eau en surface l'empêchera de couler. Les physiciens appellent cette force la « tension superficielle ».

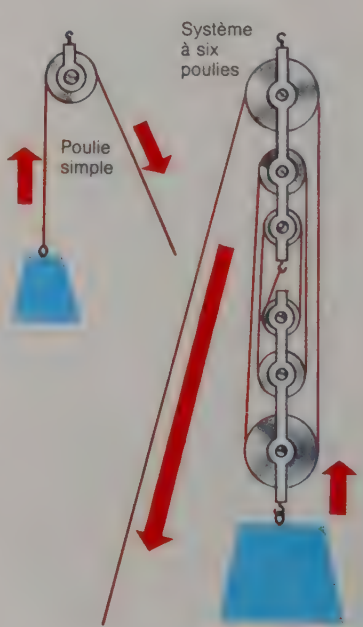
Grâce à elle, certains insectes peuvent glisser sur l'eau en se maintenant sur leurs pattes ; c'est le cas des araignées d'eau.

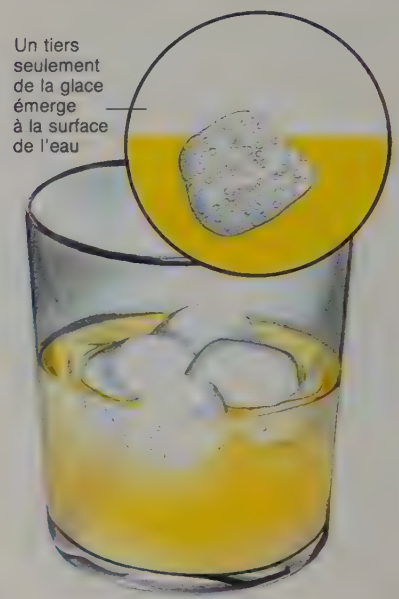
▼ Comment fonctionnent les poulies ?

Il est possible de soulever des charges très importantes grâce aux poulies. Les poulies se fixent en hauteur. A une extrémité de la corde on fixe la charge à soulever, et l'on tire sur l'autre extrémité. Il faut tirer une grande longueur de corde avant de soulever la charge d'une hauteur appréciable, mais c'est ce qui permet de la soulever.

Le poids que l'on peut ainsi soulever dépend du nombre de poulies, et de la façon dont elles sont reliées. S'il y a 8 poulies, on peut soulever 8 fois la charge que l'on soulèverait sans cela.

Le principe réside dans la démultiplication : plus il y a de poulies, et plus il faut tirer de longueur de corde pour obtenir le même déplacement ; mais le poids de la charge se trouve aussi divisé. Tirer 100 kilos avec 1 mètre de corde équivaut à soulever 10 kilos seulement mais avec 10 mètres.





▲ Comment la glace peut-elle flotter sur l'eau ?

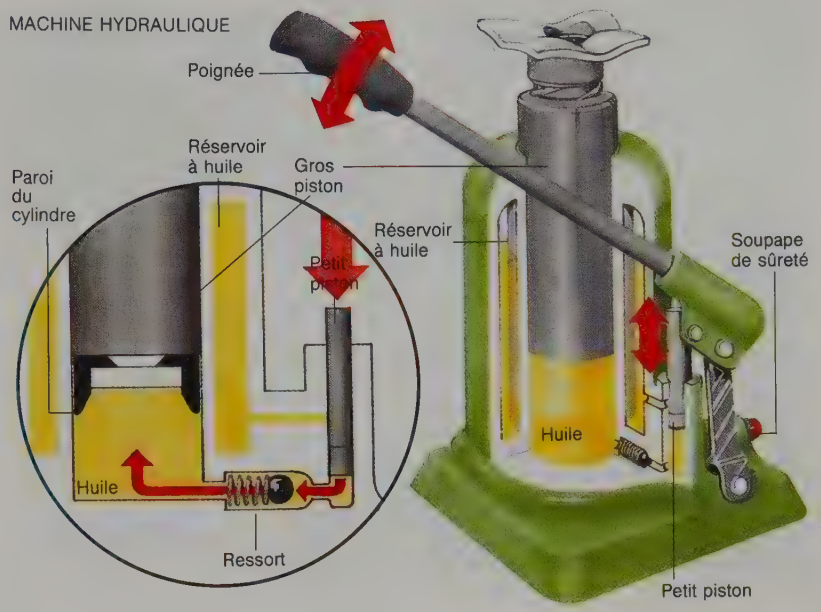
La glace flotte sur l'eau parce qu'elle est moins dense. Cela signifie qu'un cube de glace est plus léger qu'un cube d'eau de même volume. Cette densité n'est cependant pas beaucoup plus faible : c'est pourquoi la glace flotte mais reste à demi immergée.

Quand l'eau congèle pour se transformer en glace, les molécules d'eau s'alignent en rangées. A ce moment-là, elles s'écartent un peu les unes les autres, ce qui augmente légèrement leur volume. Comme le poids de l'eau qui s'est solidifiée n'a pas changé, la densité se trouve diminuée.

La force qui lie les molécules d'eau entre elles est très puissante. Si bien qu'en augmentant de volume pour se transformer en glace, l'eau peut briser le récipient qui la contient. C'est pourquoi les canalisations peuvent éclater en hiver quand il gèle très fort.

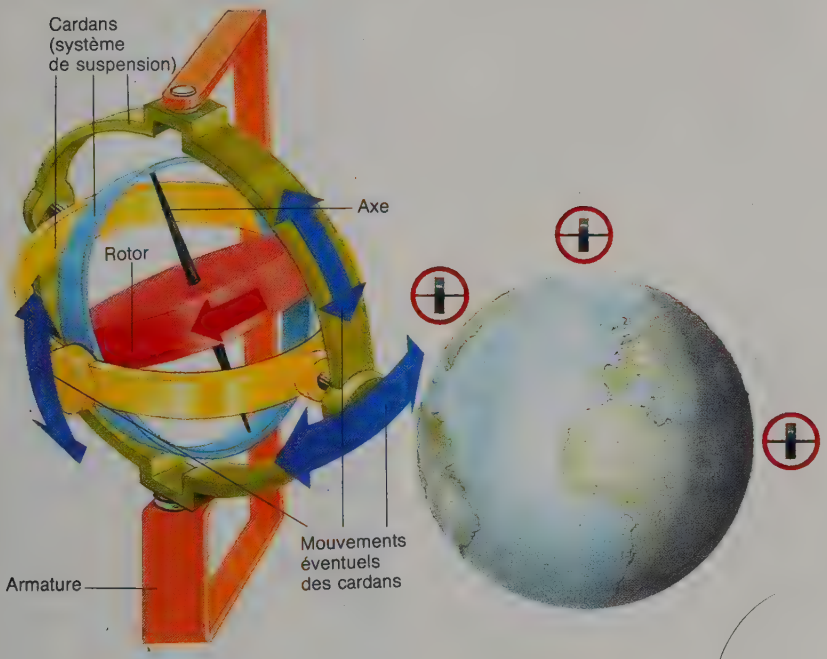
► Que font les machines hydrauliques ?

Les machines hydrauliques sont très puissantes. Elles actionnent aussi bien les freins des automobiles, que les presses industrielles ou les foreuses. Ces machines utilisent de l'eau, ou un autre fluide, sous pression.



Les systèmes hydrauliques sont utilisés sur les machines qui doivent créer une force importante avec un faible déplacement. Un cric hydraulique, par exemple, peut soulever un véhicule très lourd juste au-dessus du sol.

Un système hydraulique se compose de deux pistons qui se déplacent à l'intérieur de deux cylindres de diamètres différents. Ces cylindres sont remplis avec un fluide, de l'huile par exemple. Lorsque le piston du plus gros cylindre se met en mouvement, il repousse celui du plus petit cylindre, et vice versa. La quantité d'huile en mouvement reste la même ; dans le grand cylindre elle se déplace peu mais avec force ; dans le petit la force est plus faible mais le trajet plus long. Ainsi, la course d'une pédale de frein permet d'appliquer sur les mâchoires du frein une force bien supérieure à celle du pied (page 83).

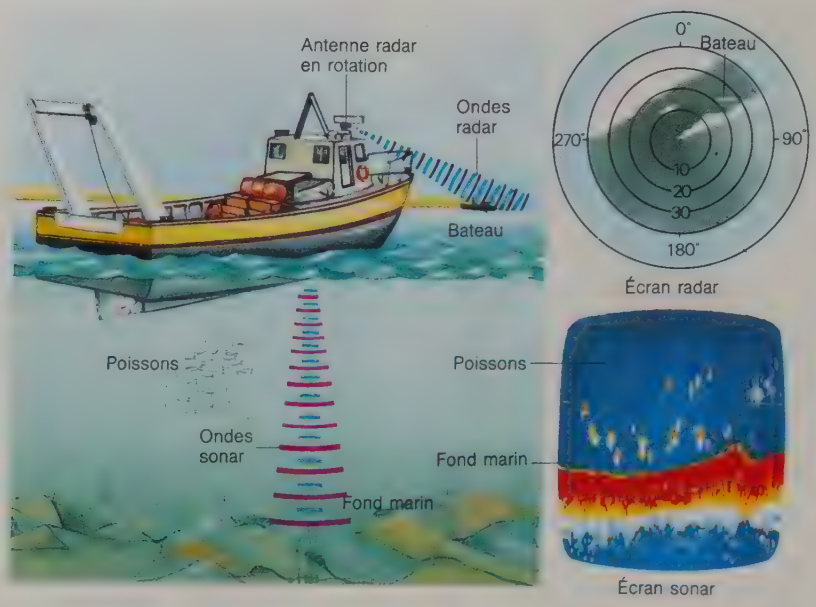


▲ Comment fonctionne un gyrocompas ?

Un gyrocompas permet d'indiquer la direction du nord, comme une boussole. Mais au lieu de faire appel au magnétisme, il renferme un gyroscope, c'est-à-dire un disque en rotation rapide. L'axe de rotation du disque garde une direction fixe.

Le disque (ou rotor) du gyroscope est maintenu en mouvement par un moteur électrique. L'axe du rotor, suivant le principe du gyroscope, pointe toujours vers la même direction, quelle que soit la position de l'appareil dans lequel il se trouve. Si le navire ou l'avion change de direction, le gyrocompas continue d'indiquer invariablement le nord.

Un autre modèle de gyrocompas se place automatiquement dans l'axe nord-sud. Il fonctionne comme un gyroscope, qui tourne à angle droit dans la direction vers laquelle l'axe se déplace. Dans le gyrocompas, le support du rotor tourne en réponse à tout mouvement de l'axe hors de la direction du nord, et le ramène dans cette direction s'il s'en écarte.



▲ Comment marche un radar ?

Un radar permet à la fois de détecter la présence d'un objet et de déterminer sa distance. L'antenne du radar envoie un signal — une onde radio de très grande fréquence. Cette onde est renvoyée par tout objet placé sur son trajet et revient dans l'antenne.

Les radars aident les navires et les avions à se diriger, notamment la nuit et dans le brouillard. Les radars détectent la présence des autres navires ou avions proches, ainsi que les obstacles naturels ; des collisions peuvent ainsi être évitées.

L'antenne du radar est en rotation, et envoie son signal dans toutes les directions. Le signal du retour est envoyé sur un écran qui permet de connaître la position de tout obstacle. Les aéroports utilisent des radars pour régler le trafic aérien.

◄ Qu'est-ce qu'un sonar ?

Les sonars sont utilisés sur certains navires pour mesurer la profondeur de l'eau en dessous d'eux. Ils peuvent également détecter des bancs de poissons situés entre le navire et le fond de la mer. Un sonar fonctionne comme un radar, mais il utilise des ondes sonores au lieu d'ondes radio.

Un émetteur placé sous le bateau convertit des signaux électriques en pulsations sonores qui sont émises sous l'eau. Tout obstacle renverra un écho. Cet écho, capté par le sonar, sera à son tour converti en signaux électriques.

Un récepteur mesure le temps qui s'écoule entre l'envoi d'une impulsion sonore et le retour de l'écho, ainsi que l'intensité de celui-ci. Il en déduit la profondeur d'après la vitesse de propagation du son dans l'eau, et la consistance de l'obstacle d'après la force de l'écho en retour. Le sonar sert aussi à détecter les sous-marins ennemis.

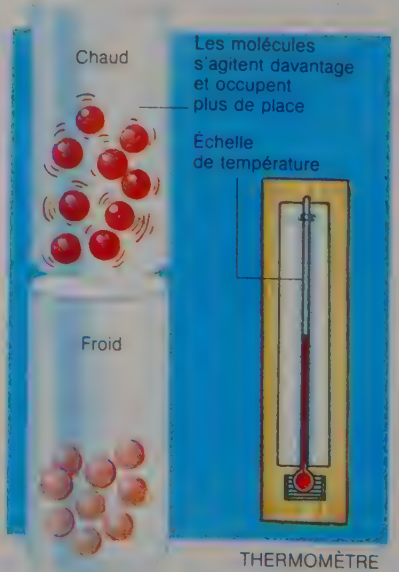
► Comment fonctionne un thermomètre ?

Un thermomètre est un tube de verre percé d'un canal très fin. A la partie inférieure du tube, ce canal débouche dans un réservoir contenant un liquide. Quand la température augmente, le liquide se dilate et monte dans le tube. S'il fait plus froid, le liquide se contracte et descend.

Le liquide contenu dans le réservoir se dilate ou se contracte suivant que les atomes qui le constituent s'agitent plus ou moins fort ; cette agitation est liée à la température.

Le liquide argenté que l'on voit dans certains thermomètres est du mercure ; ces thermomètres sont très sensibles. Le liquide bleu ou rouge des thermomètres courants est de l'alcool coloré.

Des thermomètres, faisant appel à d'autres principes, affichent la température sur un cadran, ou sous forme de lettres lumineuses (thermomètres électroniques et à cristaux liquides).



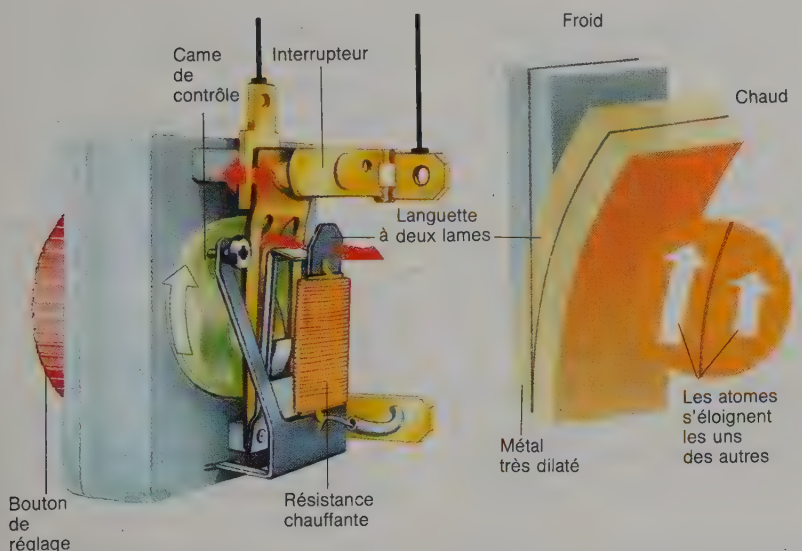
THERMOMÈTRE

► Comment utilise-t-on les ultrasons ?

Les ultrasons correspondent à des sons très aigus, que l'oreille humaine ne peut pas entendre. On les utilise en médecine par exemple : pour sonder le ventre des femmes enceintes et s'assurer que le fœtus se porte bien. Des appareils à ultrasons aident également les aveugles à se diriger.

Les appareils à ultrasons fonctionnent comme le sonar en envoyant des pulsations d'ondes qui sont renvoyées par l'objet placé dans le faisceau. Un écho en revient, qui permet de localiser la direction et la distance de cet obstacle.

Les appareils à ultrasons utilisés par les aveugles déclenchent une sonnerie lorsqu'un obstacle rapproché se présente. Des caméras perfectionnées possèdent aussi un émetteur à ultrasons pour régler la distance de prise de vue.



▲ Comment un métal peut-il se dilater ou se contracter ?

Quand un morceau de métal est chauffé il se dilate, c'est-à-dire que ses dimensions augmentent, dans toutes les directions. Quand il refroidit, il se contracte. Ce phénomène est dû au fait que les atomes, à l'intérieur du métal, s'écartent quand la température augmente, et se rapprochent quand elle diminue.

Quand la température d'un corps augmente, cela signifie que ses atomes s'agitent davantage. Cette agitation les amène à s'éloigner un peu les uns des autres.

Quand la température diminue, l'agitation se ralentit et les atomes restent mieux rassemblés. Cette variation de dimension reste très faible, mais la force qu'elle produit est importante. C'est pour cette raison que les extrémités des rails de chemin de fer ne se touchent pas. Suivant la température, la longueur des rails varie, et on laisse un « jeu » à chaque joint (entre 2 rails).

◄ A quoi sert un thermostat ?

Un thermostat contrôle la chaleur dégagée par un radiateur ou une résistance chauffante, et coupe l'arrivée de courant quand la température voulue est atteinte. Inversement, dès que la température a trop diminué, il remet en marche ce radiateur ou cette résistance.

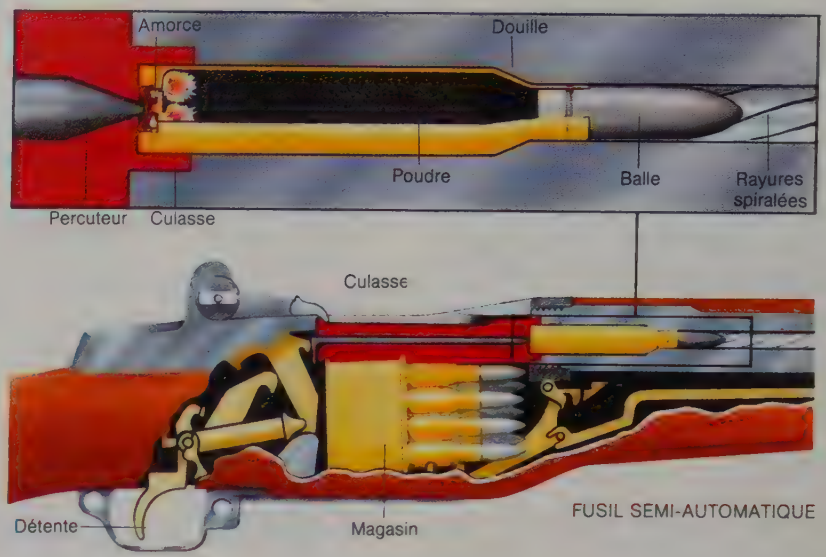
Bon nombre d'appareils qui produisent de la chaleur sont équipés de thermostats. Les fers à repasser, les bouilloires, les couvertures chauffantes, par exemple, en possèdent. Ils ont en effet besoin de travailler à une température déterminée.

Ces thermostats, comme ceux des radiateurs, contiennent habituellement une languette faite de deux lames de métal soudées ensemble ; ces deux lames se dilatent de façon différente, si bien que la languette se tord dans un sens quand la température augmente, et dans l'autre sens quand elle diminue. Ce mouvement commande un interrupteur qui met en marche ou arrête l'appareil.

▸ Les explosifs, comment ça marche ?

Quand un explosif entre en action, les produits chimiques qu'il renferme produisent en très peu de temps une grande quantité de gaz et de chaleur. Ces gaz chauds augmentent brutalement de volume, ce qui provoque l'explosion. Sous cette rapide expansion se forme une onde de choc qui se propage dans l'air.

La réaction chimique qui se produit dans un explosif se propage à très grande vitesse (environ 27 000 km/h). Les explosifs les plus puissants sont mis à feu avec un détonateur : il s'agit d'une petite charge explosive placée à l'intérieur de la charge principale. Un câble relie le détonateur à une batterie, ou à une autre source de courant électrique. Dès que le courant passe, il échauffe un fil métallique placé dans le détonateur, qui s'enflamme et explose. Cette petite explosion déclenche alors celle de la charge principale.

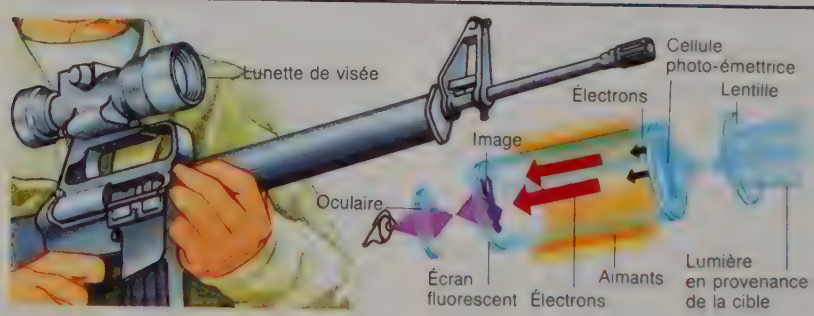


▲ Comment fonctionne un fusil ?

Lorsque l'on appuie sur la détente, on libère un ressort. Un percuteur vient alors frapper la base de la cartouche, qui contient de la poudre et de petites billes de plomb. Le percuteur fait exploser la poudre, et le gaz ainsi produit éjecte les plombs à grande vitesse par le canon du fusil.

A la base de la cartouche, il y a une amorce qui fait exploser la charge de poudre. Les fusils de précision ont un canon rayé en spirale à l'intérieur. La balle qui sort est donc animée d'un mouvement de rotation qui augmente sa stabilité et par conséquent la précision du tir.

Les fusils automatiques possèdent une réserve de cartouches ou de balles dans un « magasin » ; dès que le projectile est tiré, un autre vient prendre sa place dans le canon.



▲ Comment peut-on tirer au fusil la nuit ?

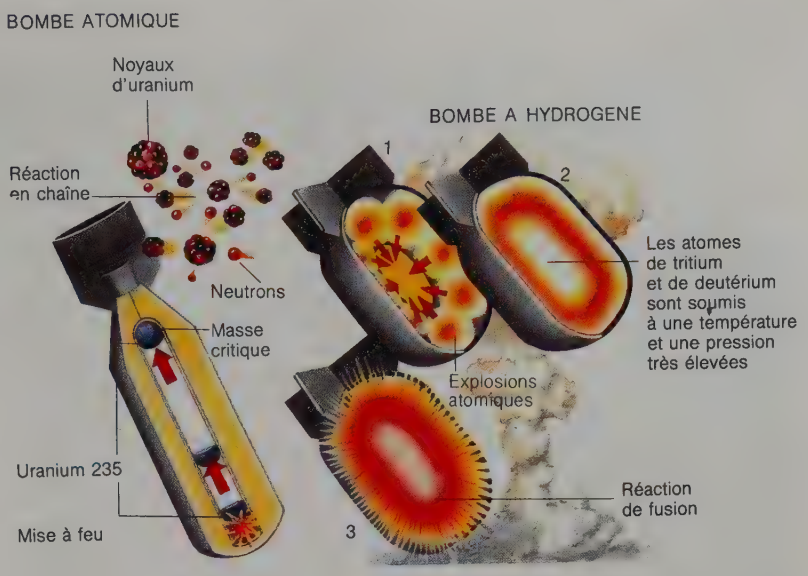
Avec certains fusils, les tireurs peuvent voir leur cible même la nuit. Ces fusils sont équipés de lunettes de visée spéciales.

Une nuit n'est jamais complètement noire. Le principe consiste à collecter le peu de lumière qu'il y a, même si elle est insuffisante pour l'œil, et à l'amplifier dans une cellule spéciale appelée photo-émettrice. La lentille objectif placée à l'avant de la lunette collecte cette faible lumière provenant de la zone visée, et la projette sur une surface sensible qui la transforme en électrons ; ces particules électrisées peuvent, elles, être accélérées électriquement pour aller frapper un écran fluorescent qui s'illumine. L'image est alors parfaitement visible, à travers l'œilleton de visée. La luminosité de la scène nocturne se trouve amplifiée environ 50 fois, ce qui permet de voir nettement ce que l'œil seul ne peut distinguer dans le noir.

▸ Qu'est-ce qu'une bombe atomique ?

Une bombe atomique dégage une puissance explosive bien supérieure à celle de toutes les bombes chimiques classiques. A l'intérieur, il y a une charge d'uranium ou de plutonium, des matériaux radioactifs.

Pour provoquer l'explosion, on projette l'une contre l'autre, à l'intérieur de la bombe, deux demi-sphères de ces matériaux. Il se déclenche alors une réaction en chaîne ; c'est-à-dire que les noyaux des atomes d'uranium ou de plutonium se brisent sous le bombardement des neutrons. Chaque noyau brisé libère lui-même des neutrons qui vont amplifier ce bombardement, et ainsi de suite. Tout cela se déroule en une fraction de seconde, et la désintégration de la bombe libère une énergie colossale. Cette énergie correspond à un souffle, à de la chaleur et à des rayonnements dangereux.



▲ Et une bombe à hydrogène ?

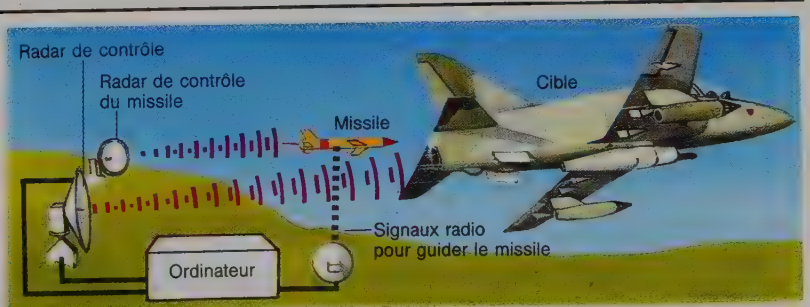
Une bombe H est une bombe atomique. Mais son énergie ne vient plus de la désintégration (fission) d'atomes lourds comme l'uranium, mais de l'assemblage (fusion) d'un atome léger : l'hydrogène.

La bombe H est beaucoup plus puissante que la bombe atomique classique, ou bombe A. Pour que la réaction de fusion se déclenche, il faut une température élevée, qu'une petite bombe A, servant d'« allumette » aux bombes H, produira.

Son grand dégagement d'énergie vient de ce que les atomes d'hydrogène, d'une variété appelée deutérium et tritium, doivent fusionner pour former des atomes d'hélium. Mais cette transformation se fait avec une perte de matière, qui est transformée en énergie, en une fraction de seconde. Il y a alors explosion.

▸ Comment se dirige un missile ?

Un missile est une fusée qui porte dans sa tête une charge explosive. Quand elle atteint sa cible, la charge explose. Les missiles envoyés vers des cibles mobiles se guident par exemple sur la chaleur dégagée par les réacteurs, dans le cas d'un avion.



Les missiles à courte portée (antichars par exemple) peuvent être dirigés à partir d'un long fil qu'ils déroulent derrière eux ; ce fil les relie à un opérateur qui les pilote à vue. Ils peuvent également être dirigés par un faisceau laser avec lequel le tireur illumine la cible, ou encore à l'aide de radars.

Il existe par ailleurs des missiles de croisière, qui volent au ras du sol en suivant les moindres accidents de relief ; ils ont en mémoire, dans un cerveau électronique, la carte précise du terrain à survoler.

Les gros missiles balistiques peuvent détruire des villes entières à plus de 10 000 km de distance. Ils sont tirés de « silos » terrestres ou de sous-marins.

Les transports modernes

▲ Qu'est-ce qu'un chemin de fer à crémaillère ?

Les voies des chemins de fer de montagne possèdent trois rails, au lieu de deux. Le troisième rail est une crémaillère sur laquelle s'accroche la locomotive.

Dans les régions montagneuses, les voies doivent parfois emprunter des terrains très en pente, qu'une locomotive ne pourrait gravir. Pour éviter que le convoi ne glisse, un troisième rail est ajouté entre les deux autres, muni de dents en relief.

Sous la locomotive, et sous chacun des wagons, il y a une roue supplémentaire, qui est dentée. Ces dents viennent s'emboîter sur celles du rail central, la crémaillère, et maintiennent le convoi relié à la voie.

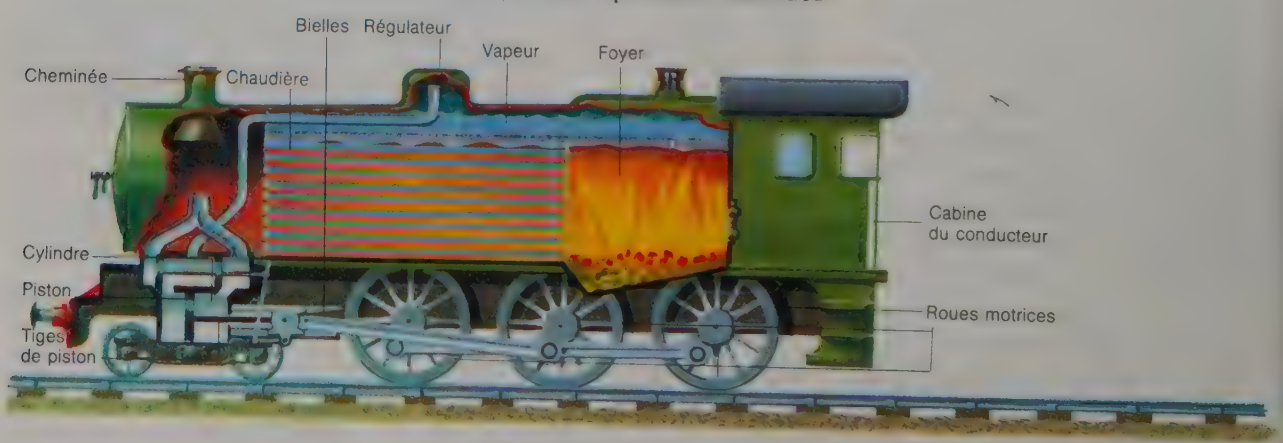
Dans certains cas, la crémaillère a deux rangées de dents latérales couchées horizontalement, et la locomotive possède une paire de roues dentées entre lesquelles la crémaillère est pincée.

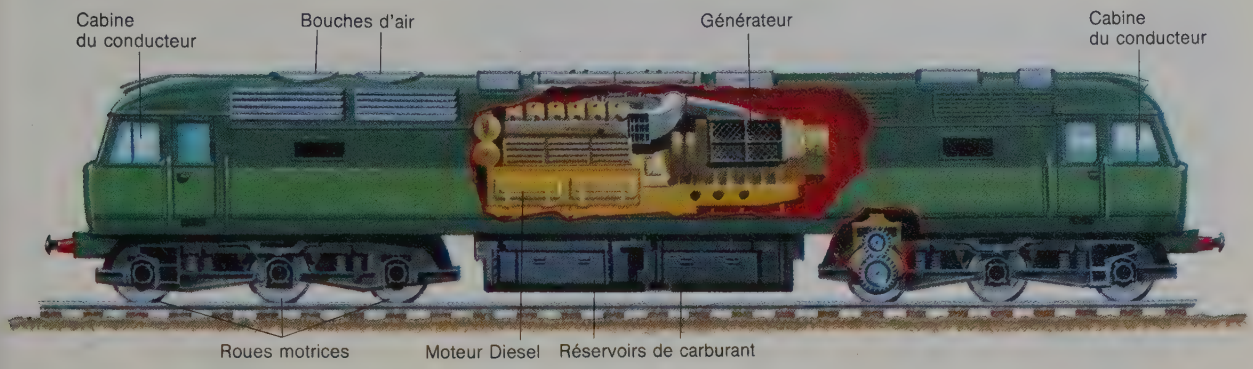
▼ Comment marche une locomotive à vapeur ?

La locomotive produit de la vapeur dans une chaudière. Cette vapeur pousse des pistons, qui actionnent les roues.

La vapeur est obtenue en faisant bouillir de l'eau par la combustion de charbon dans le foyer de la locomotive. Les gaz chauds de cette combustion circulent dans des tubes traversant une chaudière contenant de l'eau, qui est portée à ébullition. La vapeur produite est dirigée ensuite vers un régulateur et envoyée sous pression dans des cylindres. Les pistons qui se trouvent dans ces cylindres sont chassés avec force en un mouvement de va-et-vient. Ce mouvement est transmis aux roues par l'intermédiaire de bielles.

La vapeur sortant des cylindres est évacuée dans l'atmosphère par une cheminée, ce qui améliore le tirage du foyer.





▲ Et une locomotive Diesel ?

Dans cette locomotive, un moteur Diesel (semblable à celui des camions, mais plus puissant) entraîne un générateur électrique. L'électricité alimente des moteurs qui font tourner les roues.

Ce n'est donc pas le moteur Diesel qui actionne directement les roues de la locomotive. Ce moteur Diesel consomme du gas-oil. Sa rotation entraîne celle d'un générateur qui, lui, produit de l'électricité. Cette électricité alimente ensuite les moteurs de traction, reliés aux roues.

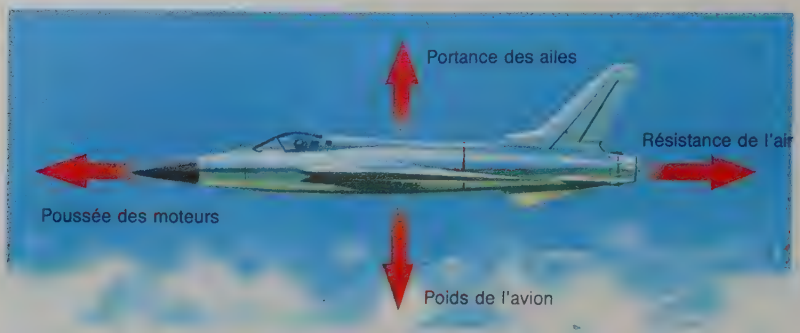
Les locomotives Diesel-électriques sont les plus courantes. La vapeur n'est plus utilisée en Europe et aux États-Unis, sauf sur de petits parcours. Les locomotives électriques, qui tirent leur énergie de câbles suspendus au-dessus de la voie, ne sont rentables que sur les lignes à très fort trafic.

▼ Comment fonctionnent les trains à grande vitesse ?

La vitesse maximale des trains de passagers est actuellement de 160 km/h. Dans quelques pays, toutefois, des lignes plus rapides ont été mises en service. Elles nécessitent l'utilisation de locomotives spéciales et de voies particulièrement adaptées. Dans certains cas, ces trains circulent même sur des voies qui leur sont exclusivement réservées.

Le plus connu des trains à grande vitesse est le TGV français. Il a été mis en service entre Paris et Lyon en 1981, et s'est généralisé sur d'autres lignes. Au Japon le « Shinkansen » existe depuis 1964 ; il relie la plupart des grandes villes plus rapidement que les trains habituels, mais moins vite que le TGV français.

Le TGV se déplace en moyenne à 260 km/h, mais il a battu le record du monde lors d'essais, avec 380 km/h. Le Shinkansen, roule à 210 km/h. En Grande-Bretagne le « Intercity 125 » roule à 200 km/h entre Londres et Bristol.



▲ Comment les avions volent-ils ?

Pour voler, les avions ont besoin d'être propulsés ; ce qui est assuré par des hélices ou par des réacteurs. Ils doivent aussi être soutenus dans l'air : c'est le rôle des ailes.

Les ailes ont une face inférieure plane et une face supérieure bombée. La partie avant est arrondie, la partie arrière très mince. Quand l'avion avance, l'air se trouve fendu en deux parties ; l'une passe au-dessus de l'aile, l'autre au-dessous. L'air qui passe au-dessus se déplace plus vite, car il a un plus long trajet à parcourir pour rejoindre celui qui passe au-dessous ; d'où une différence de pression : la pression, plus forte sous l'aile, la soutient.

Au décollage, les moteurs fournissent la puissance nécessaire pour que l'avion s'envole. Une fois en l'air la poussée de l'air sous les ailes équilibre le poids de l'avion.

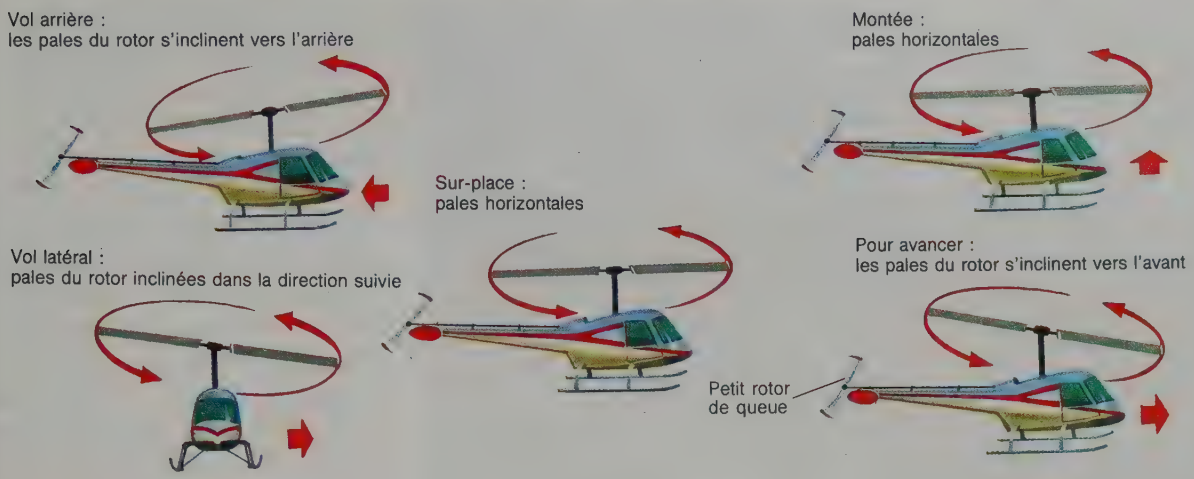
▼ Comment s'effectue le contrôle du trafic aérien ?

Le rôle des contrôleurs aériens est de s'assurer que les avions en service peuvent atterrir et décoller en toute sécurité, dans le meilleur délai. Ils indiquent aux pilotes les couloirs aériens à emprunter pour éviter toute collision avec d'autres avions.

Quand un avion se trouve à moins de 3 kilomètres d'un aéroport, il entre dans l'aire de contrôle terminal. Son altitude est alors de 600 mètres environ. La tour de contrôle prend en charge le pilote et le guide jusqu'à sa piste.

Les radars fournissent en permanence aux contrôleurs l'état du trafic aux alentours de l'aéroport. La position, la direction et l'identité de chaque appareil est connue, ainsi que les conditions météorologiques. C'est au contrôleur que revient la décision finale de faire atterrir tel ou tel avion, suivant les circonstances.

Les avions peuvent rester ainsi en attente, et tournent autour de l'aéroport en cas de trafic intense ou de mauvaises conditions météo.



▲ Comment vole un hélicoptère ?

Un hélicoptère peut voler dans n'importe quelle direction. C'est l'inclinaison du rotor, c'est-à-dire des pales, qui permet de contrôler cette direction.

Un moteur entraîne la rotation des pales. Celles-ci sont en quelque sorte des ailes très allongées et de faible largeur. Quand elles tournent, elles fendent l'air comme une aile d'avion ; la différence entre la face supérieure convexe et la face inférieure plane crée une différence de pression qui soulève l'appareil.

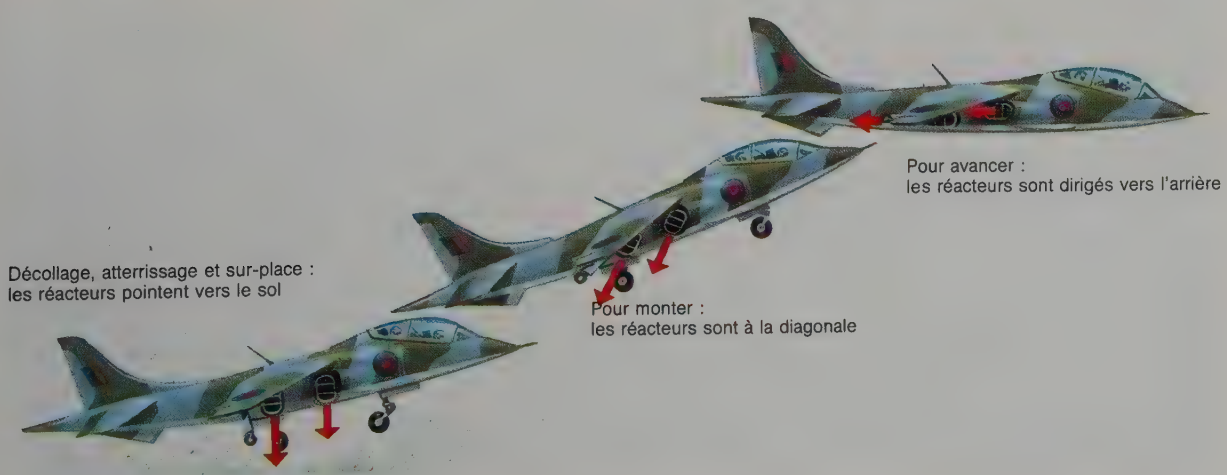
Pour grimper rapidement l'angle d'attaque des pales doit être assez grand ; quand l'hélicoptère se stabilise, ces pales sont horizontales. Cette variation d'inclinaison permet de contrôler la vitesse et la force ascensionnelle. Pour avancer, on incline le rotor vers l'avant. Le même principe joue pour les autres directions. Un petit rotor de queue sert à empêcher la rotation de l'appareil sur lui-même.

▼ Comment des avions peuvent-ils décoller à la verticale ?

Il existe quelques modèles d'appareils capables de décoller verticalement, comme des hélicoptères, et non en ligne oblique. Ils utilisent pour cela la poussée de leurs réacteurs.

Dans les avions à réaction ordinaires le réacteur est disposé horizontalement. En vol, l'air pénètre par l'avant et permet la combustion du carburant qui est rejeté violemment par l'arrière.

Les appareils à atterrissage et décollage vertical (que l'on désigne sous le sigle VTOL) sont des avions militaires ; ils ne transportent pas de passagers. Leur intérêt est en effet de pouvoir décoller sans piste. Au décollage, leurs réacteurs sont en position verticale ; ensuite ils s'inclinent progressivement pour retrouver une position normale (horizontale). Certains VTOL ont des réacteurs séparés qui ne servent qu'au décollage. Le décollage vertical nécessite des réacteurs de forte puissance.



▲ Comment construit-on les navires ?

Les navires sont construits en deux étapes : d'abord la coque et le pont ; ensuite les machines et les équipements.

Un planning extrêmement rigoureux est nécessaire pour que la construction se fasse dans les meilleures conditions possibles. Avant tout, on établit le plan du bâtiment. A partir du plan général on dessine le plan détaillé des différentes parties. Aujourd'hui les ordinateurs produisent des séries de plans que l'on retouche facilement, jusqu'à l'obtention du résultat cherché. Parfois, on construit même une maquette à échelle réduite, que l'on teste dans un bassin.

A partir de là commence vraiment la construction proprement dite. La plupart des pièces sont construites séparément. Une fois le bateau terminé, il reste à le « lancer », c'est-à-dire à le faire glisser de sa cale vers la mer. Ce lancement est souvent l'occasion d'une grande cérémonie. Avant son utilisation opérationnelle, le navire doit encore être essayé en mer.

▼ Comment pêchent les chalutiers ?

Les chalutiers pêchent à l'aide d'un grand filet appelé chalut.

Le chalut peut mesurer jusqu'à 100 mètres de long. Il est retenu au bateau par une longue chaîne ou par des cordes, et plonge parfois à 1 500 mètres de fond. Les poissons sont pris au piège dans les mailles du filet. Des flotteurs (ou loutres) le maintiennent vertical. Quand le filet est rempli, on le remonte avec des treuils et on le déverse sur le pont arrière.

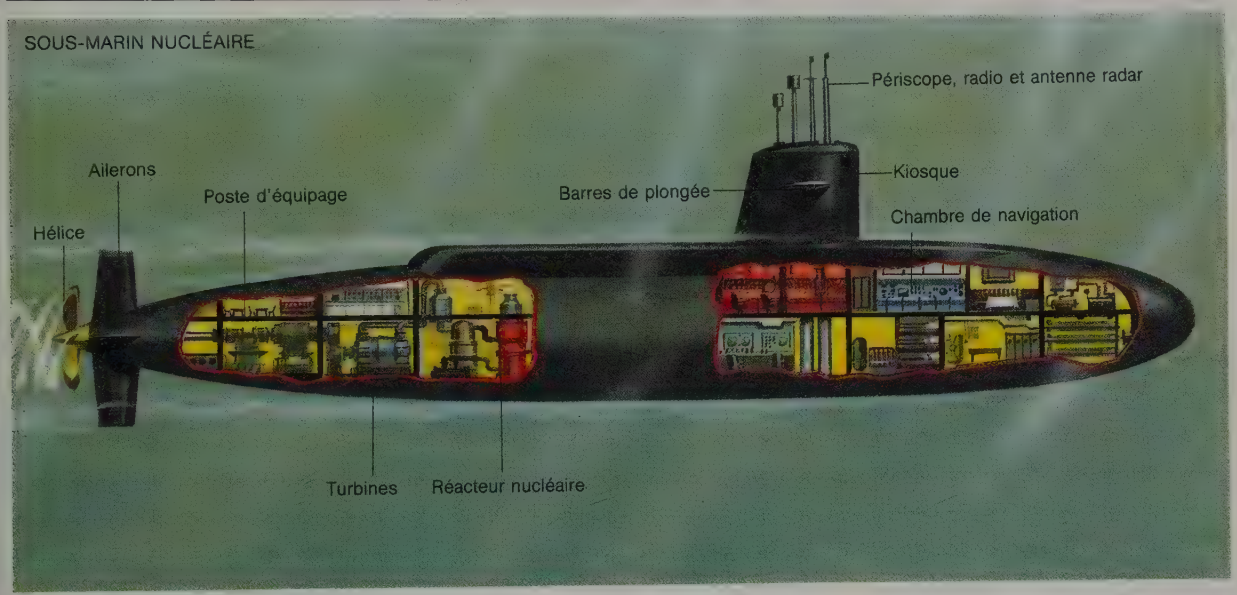
Les chalutiers modernes sont de grandes usines flottantes où le poisson est traité sur place, aussitôt pêché. On le congèle ensuite pour le conserver. Pour rentabiliser leurs déplacements, ces gros chalutiers restent très longtemps en mer, parfois pendant six mois.

▸ Comment marche une hélice de bateau ?

C'est l'hélice qui, en tournant dans l'eau, fait avancer le bateau. La puissance nécessaire pour la faire tourner est produite par un ou plusieurs moteurs qui lui transmettent leur mouvement de rotation par un « arbre », c'est-à-dire une grosse tige métallique.

Les hélices de bateaux possèdent entre quatre et sept pales, faites en bronze. En tournant, elles repoussent l'eau en arrière, ce qui fait avancer le navire.

Il existe des hélices à pales fixes, et d'autres à pas variable : ce qui signifie que, comme pour les avions ou les hélicoptères, on peut faire varier leur inclinaison. Les hélices à pas variable permettent de faire varier la vitesse du navire sans changer le régime des moteurs.



▲ Comment fonctionnent les sous-marins ?

Les sous-marins utilisent de grands compartiments métalliques, appelés ballasts, pour plonger et faire surface. Les sous-marins classiques sont propulsés par des moteurs électriques et, en surface, par des moteurs Diesel. Il existe aussi, maintenant, un grand nombre de sous-marins nucléaires, qui tirent leur énergie d'un réacteur nucléaire.

Quand un sous-marin doit plonger, il remplit ses ballasts d'eau de mer. Pour refaire surface, il faut les vider. De l'air comprimé chasse l'eau des ballasts, et le submersible se comporte comme une bulle dans l'eau : il remonte. Des barres de plongée, placées de chaque côté de la coque, permettent de le diriger. En approchant de la surface, le sous-marin peut déployer son schnorchel, un long tube permettant de renouveler l'air à l'intérieur. Tout en restant juste sous la surface il peut également sortir un périscope pour examiner la surface de la mer autour de lui.

Les sous-marins ordinaires utilisent des moteurs électriques alimentés par des batteries, que rechargent des générateurs actionnés par un moteur Diesel. Les sous-marins nucléaires emportent avec eux une petite centrale nucléaire qui fournit de l'électricité presque indéfiniment. Équipés pour produire de l'oxygène et transformer l'eau de mer en eau douce, ils peuvent rester des mois en plongée.

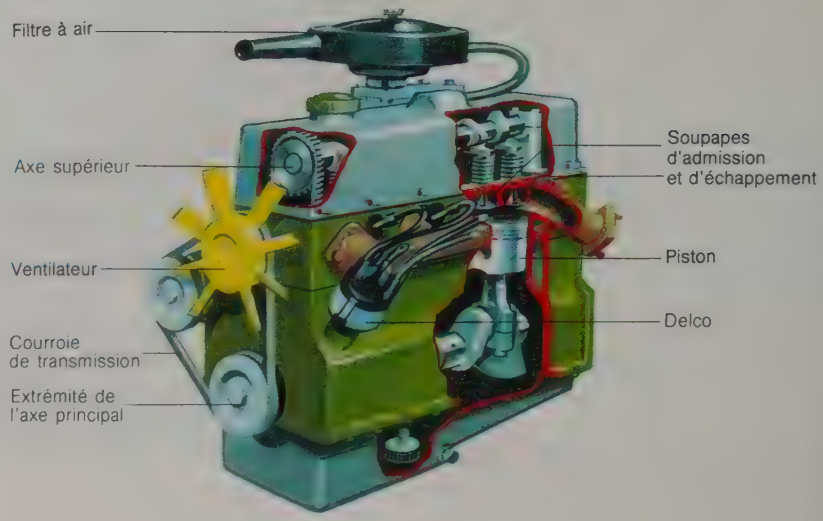
▸ Comment marche un moteur d'automobile ?

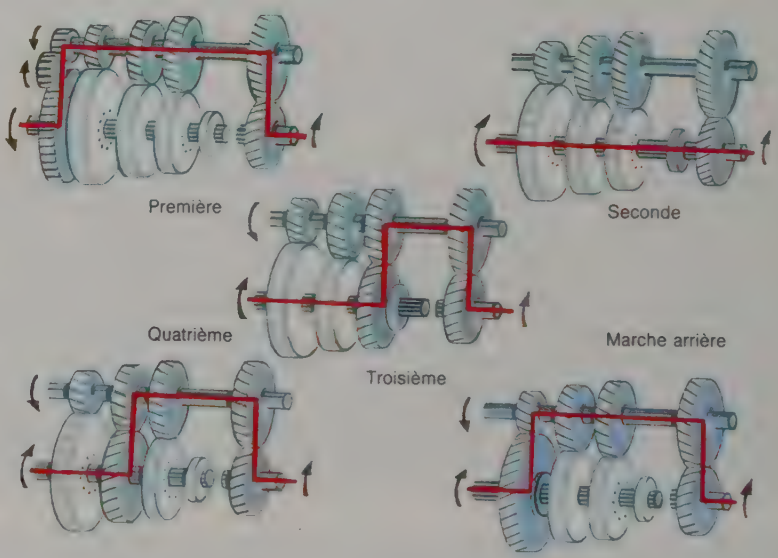
Un moteur d'automobile sert à fabriquer l'énergie à appliquer aux roues pour faire avancer le véhicule.

Un moteur d'automobile comporte un certain nombre de cylindres dans lesquels se déplacent des pistons. Ce moteur fonctionne suivant un cycle à quatre temps. Un mélange d'air et d'essence (gaz combustible) est mis à feu en haut du cylindre par une étincelle électrique sous l'action de la bougie. La force de l'explosion repousse le piston vers le bas. Les gaz brûlés s'échappent, chassés par le piston qui remonte ; puis une nouvelle dose de combustible est enflammée au moment où le piston a remonté, et ainsi de suite. Ce mouvement de va-et-vient, par l'intermédiaire d'une bielle, fait tourner l'arbre de transmission qui est relié aux roues.

Les moteurs d'automobile ont pour la plupart quatre cylindres, mais certains en ont six, et quelques-uns cinq ou huit.

L'arbre de transmission ne fait pas tourner directement les roues. Entre les deux, il y a un embrayage et une boîte de vitesses. Ainsi les roues peuvent être déconnectées du moteur, lorsque le véhicule est à l'arrêt.





▾ A quoi sert une boîte de vitesses ?

La boîte de vitesses d'une automobile fait partie du système de transmission. Elle sert d'intermédiaire entre le moteur et les roues.

Les moteurs des automobiles fonctionnent bien quand ils tournent à un certain régime. Lorsque la boîte de vitesses est enclenchée sur la dernière vitesse (en général la quatrième), le moteur est en « prise directe ». Le véhicule roule alors à sa vitesse de croisière.

Si l'on veut rouler moins vite tout en maintenant un régime de rotation du moteur assez élevé, il faut faire intervenir la boîte de vitesses. Grâce à un jeu d'engrenages de différents diamètres, elle permet de rouler moins vite, sans fatiguer le moteur.

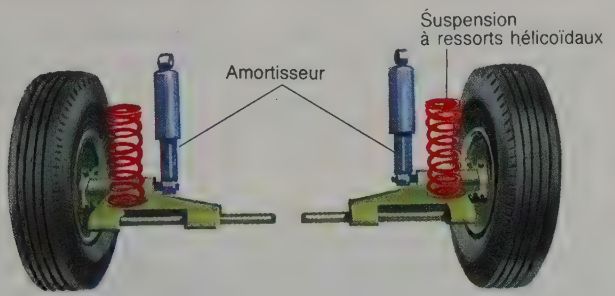
Au démarrage, il convient aussi de démultiplier la force du moteur pour partir en douceur ; on enclenche alors la première. La boîte de vitesses permet encore d'inverser le sens de rotation et de partir en marche arrière.

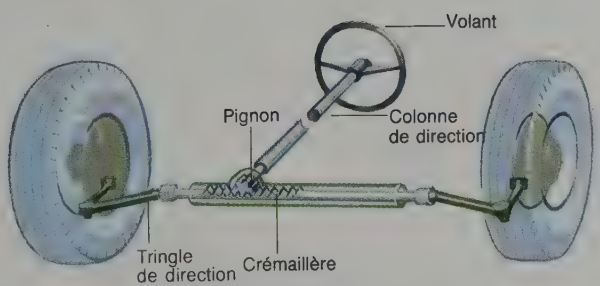
▼ Et une suspension ?

La surface des routes n'est jamais aussi lisse qu'on le croit. La suspension est là pour amortir les petites irrégularités du revêtement et même les secousses plus importantes.

Bien que les pneus absorbent déjà une bonne partie des cahots de la route, une automobile a besoin d'être dotée d'une suspension. Celle-ci consiste essentiellement en quatre gros ressorts hélicoïdaux placés contre les roues. A l'intérieur de ces ressorts il y a un amortisseur, qui est une sorte de pompe contenant une huile spéciale.

Quand l'automobile passe dans un trou ou sur une bosse de la chaussée, le ressort se comprime, et l'amortisseur s'enfonce. L'ensemble de la carcasse du véhicule ne reçoit donc qu'une faible secousse. Les amortisseurs évitent essentiellement aux ressorts d'osciller après le cahot. Il y a par ailleurs des barres de torsion, placées dans le sens de la largeur, qui absorbent les mouvements de balancement.





▲ Comment une automobile se dirige-t-elle ?

Pour diriger une automobile, il suffit de tourner le volant dans la direction voulue. Le volant est relié aux roues avant.

Le volant est une couronne fixée à l'extrémité supérieure de la colonne de direction. A l'extrémité inférieure de cette colonne, un système de pignons la relie aux roues elles-mêmes.

Quand on tourne le volant, le pignon de la colonne de direction s'engage dans une crémaillère et la fait se déplacer, vers la droite ou vers la gauche.

La plupart des automobiles de grande taille, et assez lourdes, possèdent une direction assistée ; cela signifie que les mouvements du volant sont facilités par un système hydraulique (page 71).

Le volant agit toujours sur les roues avant, mais les roues motrices sont tantôt à l'avant, tantôt à l'arrière.

▼ Comment fonctionnent les freins ?

De bons freins sont indispensables pour rouler en toute sécurité. Le conducteur se sert des freins en appuyant sur une pédale placée à gauche de l'accélérateur.

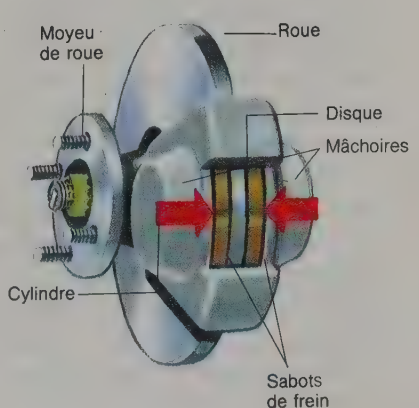
La plupart des voitures actuelles sont équipées de freins à disque à l'avant, de freins à tambour à l'arrière.

Quand on presse la pédale de frein, on met en action le « maître-cylindre » ; il s'agit d'un cylindre métallique contenant une huile spéciale : c'est donc un système hydraulique (page 71), dans lequel un piston transforme la pression de votre pied en une force plus importante, transmise aux roues. Des mâchoires serrent alors l'intérieur de la jante (freins à tambour) ou pincent un disque solidaire de la roue (freins à disque).

Quelques automobiles possèdent des freins assistés, qui agissent même pour une très faible pression sur la pédale. Ce système est intéressant pour les véhicules lourds.

Le frein à main sert à immobiliser le véhicule à l'arrêt. Il agit sur un simple câble qui serre les mâchoires des freins arrière.

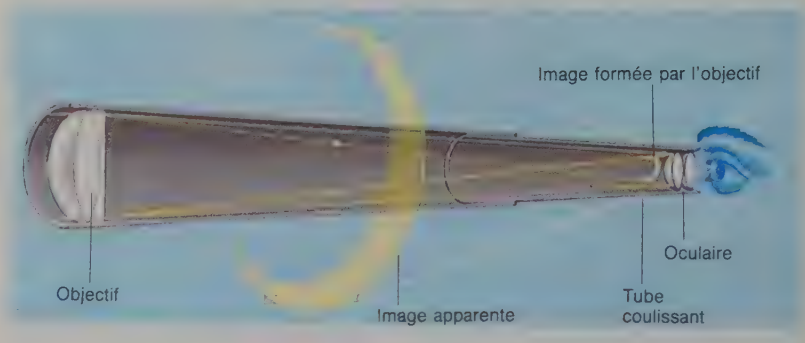
FREIN A DISQUE



L'homme et l'espace

▸ Qu'est-ce qu'une lunette astronomique ?

Une lunette comporte deux lentilles : l'une à l'avant pour donner une image de l'astre observé (l'objectif), l'autre à l'arrière pour grossir cette image (l'oculaire). Ce dernier est une sorte de loupe.

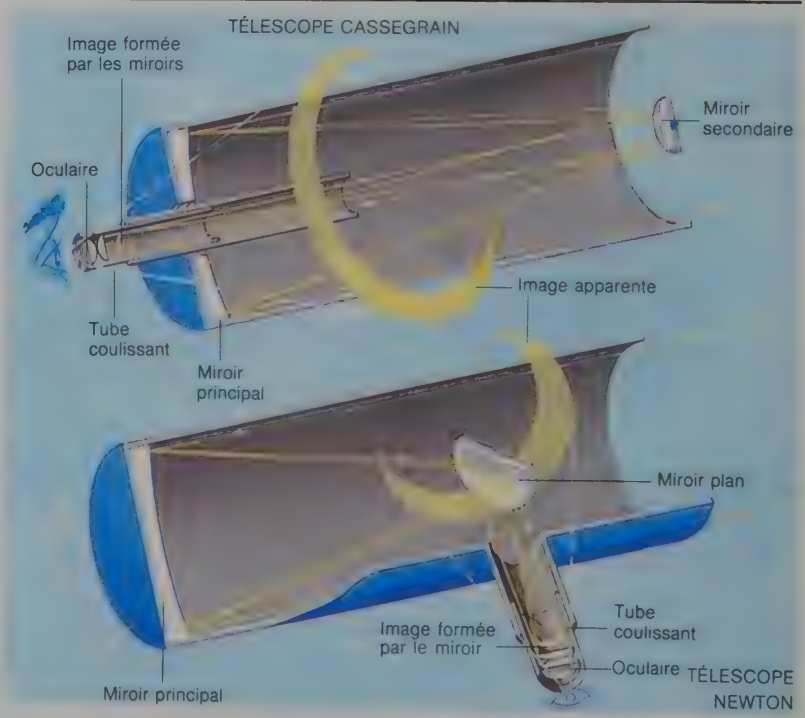


L'objectif ci-contre est composé de deux lentilles accolées. Parce qu'une lentille simple donne une image irisée, moins nette ; l'association de deux lentilles taillées dans des verres différents donne une combinaison « achromatique » (sans couleur), de bien meilleure qualité.

Les jumelles fonctionnent sur ce principe, mais contiennent des prismes qui raccourcissent la longueur des tubes.

▸ Comment fonctionnent les télescopes ?

Dans un télescope, la lumière des astres vient se réfléchir sur un miroir concave, qui renvoie cette lumière vers l'avant.



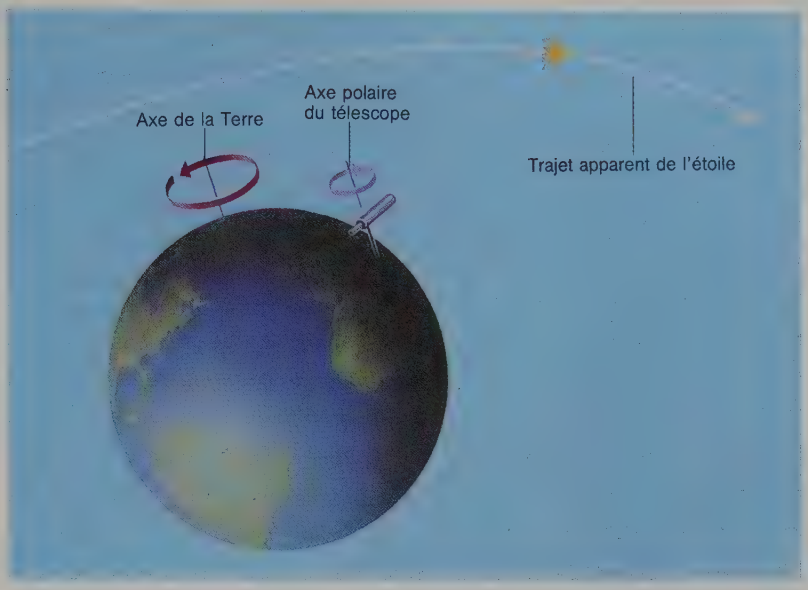
Il existe plusieurs variantes de télescopes. Dans le modèle « Newton » le faisceau lumineux est renvoyé sur le côté du tube par un miroir plan incliné à 45°. Dans le montage « Cassegrain » la lumière arrive sur un petit miroir convexe qui la renvoie vers le fond du tube, à travers un trou percé dans le miroir principal. Dans les deux cas, un oculaire grossit l'image finale.

La plupart des miroirs d'amateurs sont du modèle Newton, plus facile à construire et moins coûteux que les Cassegrain. A diamètre égal, de toutes façons, les miroirs sont moins coûteux que les lentilles des lunettes. Or, la performance d'un instrument astronomique dépend directement de ce diamètre.

Plus le diamètre de l'objectif est grand, plus on aperçoit de détails sur les astres, et mieux on peut atteindre des astres faiblement lumineux. Le plus grand télescope du monde se trouve en U. R. S. S. ; son miroir mesure 6 mètres de diamètre. La plus grande lentille de lunette ne dépasse guère 1 mètre.

▸ Comment un télescope peut-il suivre les astres ?

Le Soleil, la Lune, les planètes et les étoiles paraissent tourner autour de la Terre. Mais c'est une illusion : en réalité, c'est la Terre qui tourne sur elle-même. Pour qu'un télescope puisse suivre les astres, il faut donc qu'il fasse un tour sur lui-même en 24 heures, dans le sens opposé.



Pour cela le télescope (ou la lunette) est installé sur une monture spéciale appelée monture équatoriale. Cette monture comprend deux axes : un axe polaire dirigé vers le pôle céleste (c'est à peu près la direction de l'étoile polaire), et un axe de déclinaison. L'axe de déclinaison est perpendiculaire au premier et sert à viser l'astre que l'on veut observer. L'inclinaison de l'axe polaire équivaut à la latitude du lieu où l'on se trouve. Il peut être entraîné à la main, mais plus généralement c'est un moteur électrique démultiplié qui le fait tourner.

▸ Qu'est-ce qu'un radiotélescope ?

Comme les ondes lumineuses, les ondes radio peuvent être réfléchies. On utilise alors un miroir en métal et non plus en verre. Les radiotélescopes sont en général de grandes corolles métalliques au centre desquelles se place l'antenne proprement dite ; celle-ci envoie son signal vers un récepteur situé au pied de l'installation.

Les signaux captés par les radiotélescopes sont enregistrés sur bande magnétique, ou tracent directement un graphique. Presque tous les astres de l'Univers émettent des ondes radio : le Soleil, les « pulsars », les galaxies, les « quasars », etc. L'une des sources les plus puissantes est la nébuleuse du Crabe, résidu d'une étoile qui explosa dans la constellation du Taureau en 1054.

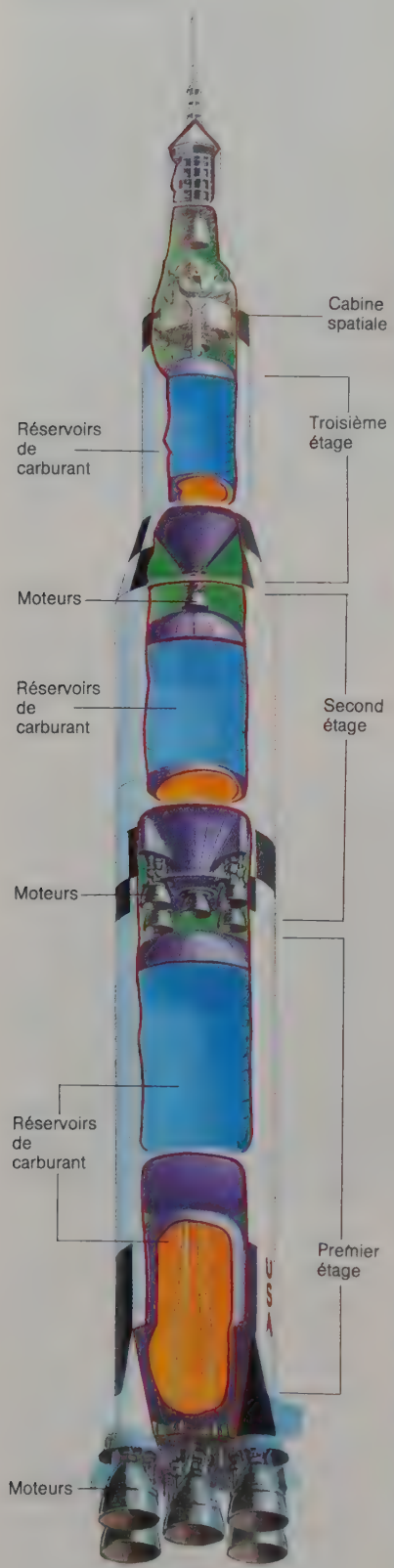
▲ Comment prend-on la photo d'un astre ?

N'importe quel télescope peut être utilisé en guise d'appareil photo ! L'objectif d'un télescope, ou d'une lunette, se comporte en effet comme celui d'un appareil photo ordinaire ; il est seulement plus performant.

Les télescopes sont pratiquement tous équipés pour prendre des photos. La différence avec la photo ordinaire est que l'on pose souvent pendant plusieurs heures. Plus la pose est longue, et plus la faible lumière provenant des lointaines galaxies peut s'enregistrer.

Le moindre appareil photo peut photographier le ciel. En quelques minutes d'exposition, on fait apparaître plusieurs centaines d'étoiles.

FUSÉE SATURNE V

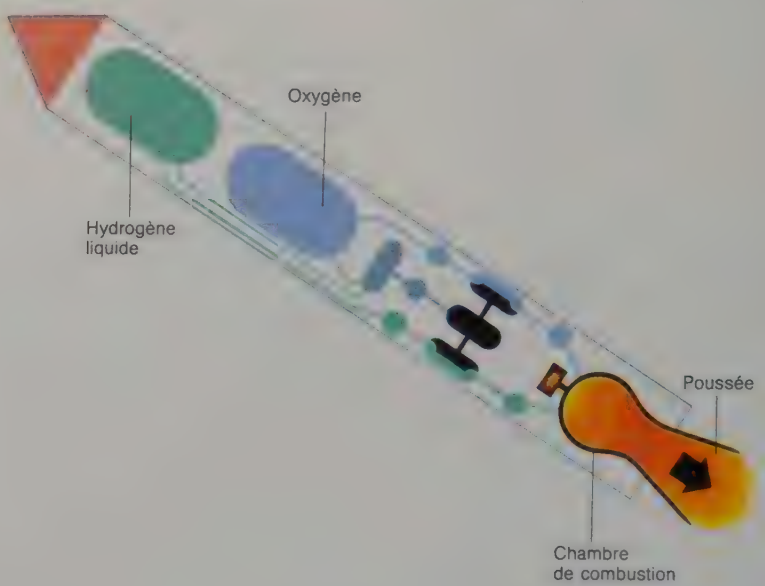


◄ Comment lance-t-on un engin spatial ?

Pour échapper à l'atmosphère terrestre, un vaisseau spatial doit atteindre la vitesse de 11 km/s (environ 40 000 km/h). Une seule fusée ne possède pas l'énergie suffisante pour atteindre cette vitesse. On superpose donc plusieurs étages dont les vitesses s'ajoutent.

Une fusée géante comme la « Saturne V », qui expédia les premiers hommes du programme *Apollo* vers la Lune, pesait 3 000 tonnes au décollage. Mais plus de 2 000 tonnes correspondaient au seul premier étage, qui ne montait pas à plus de 45 kilomètres d'altitude. Le rendement est donc de plus en plus grand vers la fin, car les étages n'ont plus à supporter le poids de ceux qui le surmontent.

Les petites fusées, de rendement relativement faible, ont besoin de 4 étages pour se mettre en orbite autour de la Terre.

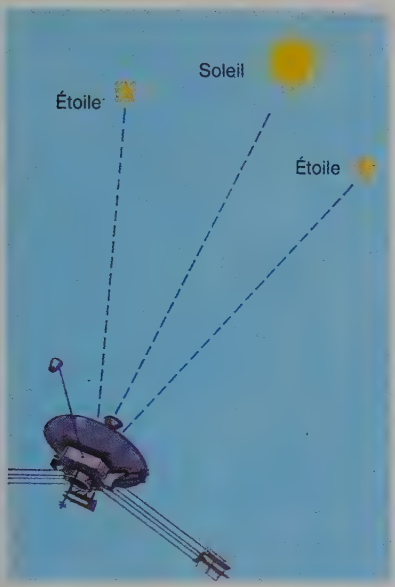


▲ Qu'est-ce qu'un moteur-fusée ?

Sur la Terre, on peut se déplacer en prenant appui sur quelque chose de fixe. Mais dans l'espace, il n'y a pas de point d'appui : seul un effet de réaction permet de se déplacer. De même qu'un fusil ou un canon reculent en tirant leur projectile, une fusée se propulse en éjectant des gaz de combustion.

Comme il n'y a pas d'air dans l'espace, la fusée doit emporter avec elle l'oxygène nécessaire pour brûler son carburant. Cet oxygène est stocké sous forme liquide pour prendre moins de place. Il est parfois remplacé par un autre liquide contenant de l'oxygène (péroxyde d'azote par exemple).

Les fusées Saturne du programme *Apollo* utilisaient du kérosène pour le premier étage, de l'hydrogène pour les étages supérieurs, et tous renfermaient de l'oxygène.



◄ Comment dirige-t-on une sonde spatiale ?

Quand une sonde spatiale se déplace à travers l'espace, elle ne peut pas s'orienter, car elle « flotte » dans le vide, sans support. Pour se diriger, elle doit donc se repérer par rapport au Soleil et aux étoiles.

De tels relevés de positions d'étoiles s'effectuent grâce à de petits viseurs. On utilise aussi des systèmes de navigation à inertie, utilisant des gyroscopes. Lorsqu'un gyroscope est en rotation, son axe reste pointé toujours dans la même direction, quel que soit le mouvement de son support.

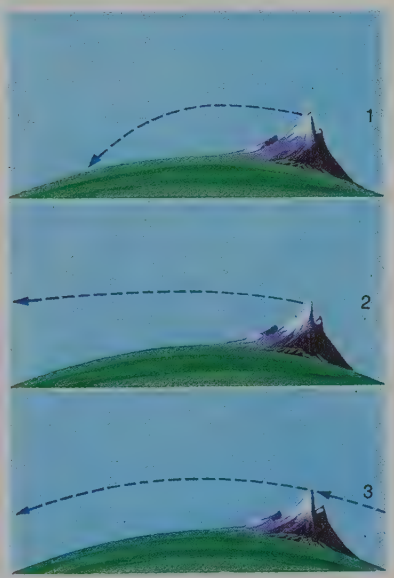
Grâce à tous ces moyens, et au repérage effectué depuis la Terre à partir des émissions radio, les sondes peuvent être localisées à quelques mètres près dans l'espace !

► Comment un satellite peut-il rester en orbite ?

Imaginons un fantastique canon, placé au sommet d'une montagne. S'il tire des obus à différentes vitesses, ces obus retombent d'autant plus loin que leur vitesse est grande. Il arrivera donc un moment où la portée sera de 20 000 kilomètres, c'est-à-dire la moitié du tour de la Terre. L'obus continuera alors sa course... autour de la Terre.

C'est ce qui se passerait s'il n'y avait pas d'atmosphère : le projectile serait satellisé. Pour rester en orbite, un satellite doit voyager au-dessus de l'atmosphère à environ 8 kilomètres par seconde (28 000 km/h). Une fois en orbite, il y reste indéfiniment ; c'est la différence avec les véhicules terrestres, qui doivent vaincre des frottements, dans l'air et contre le sol ou l'eau.

En revanche, au-dessous de 3 000 kilomètres, les satellites finissent par retomber, car il y a encore quelques traces d'air qui les freinent.



◄ Comment un vaisseau spatial peut-il regagner la Terre ?

Pour regagner la Terre, les vaisseaux spatiaux se freinent contre les couches denses de l'atmosphère. Ce frottement fait tomber leur vitesse de 28 000 km/h à quelque 100 km/h. Un ou plusieurs parachutes permettent ensuite un atterrissage ou un amerrissage en douceur.

Les cabines *Apollo* revenant de la Lune pénétraient dans l'atmosphère à une vitesse encore plus élevée (40 000 km/h). Il en résultait un énorme dégagement de chaleur. Aussi le vaisseau était-il protégé par un bouclier thermique.

Les anciens vaisseaux spatiaux vont disparaître, remplacés par des avions-fusées capables de se poser sans aide sur n'importe quelle piste d'aéroport. C'est déjà ce que fait la navette spatiale américaine, depuis 1981.

▼ Comment les astronautes respirent-ils dans l'espace ?

L'air que nous respirons contient plusieurs gaz, surtout de l'oxygène. Dans leurs scaphandres, les astronautes doivent donc respirer un air riche en oxygène.

Il est assez difficile de reconstituer exactement l'atmosphère terrestre dans un vaisseau spatial. Pour leurs premiers vaisseaux les Américains se contentèrent de produire de l'oxygène pur. C'est plus simple mais très dangereux, car, à la moindre étincelle, il peut déclencher un incendie.

Dès le début, les Soviétiques ont retenu la solution d'une atmosphère presque normale, à deux gaz. C'est aussi le cas pour la navette spatiale.

Une autre nécessité est l'absorption du gaz carbonique rejeté par les astronautes ; elle est assurée par des produits chimiques.

◄ Pourquoi les scaphandres spatiaux sont-ils pressurisés ?

Quand des poissons des grands fonds sont ramenés en surface ils éclatent, parce que la pression autour de leur corps a considérablement diminué. De la même façon, notre corps éclaterait dans l'espace, car il n'y a plus de pression extérieure.

A la surface de la Terre, l'atmosphère exerce une pression de 1 kilogramme par centimètre carré. Nous ne nous en rendons pas compte parce que l'intérieur de notre corps est à la même pression et que les deux s'équilibrent.

Un astronaute transporté dans l'espace sans scaphandre mourrait non seulement par éclatement en raison du vide extérieur, mais aussi par ébullition du sang. La température d'ébullition d'un liquide dépend en effet de la pression extérieure, qui elle-même est liée à l'altitude.

Au sommet de l'Everest (9 km), la température d'ébullition n'est plus que de 74 °C. A 19 km, elle est de 37° : c'est la température de notre sang. Nous ne pouvons donc pas nous rendre sans scaphandre au-delà de cette altitude.

▲ Comment les astronautes communiquent-ils entre eux ?

Quand ils se trouvent à l'extérieur de leur vaisseau spatial, ou à la surface de la Lune, les astronautes ne peuvent communiquer entre eux que par radio. Le vide ne transmet pas les sons. Quand ils sont dans la cabine du vaisseau, sans scaphandre, ils peuvent parler tout à fait normalement.

Les communications entre la Terre et des astronautes se fait par l'intermédiaire de grandes antennes terrestres. Elles sont réparties de manière à rester en communication au fur et à mesure que la Terre tourne.

Une interruption impossible à empêcher est celle du retour dans l'atmosphère. Pendant quelques minutes la chaleur est telle qu'il se forme un cocon de particules électrisées autour de la cabine, empêchant l'émission ou la réception des ondes radio.

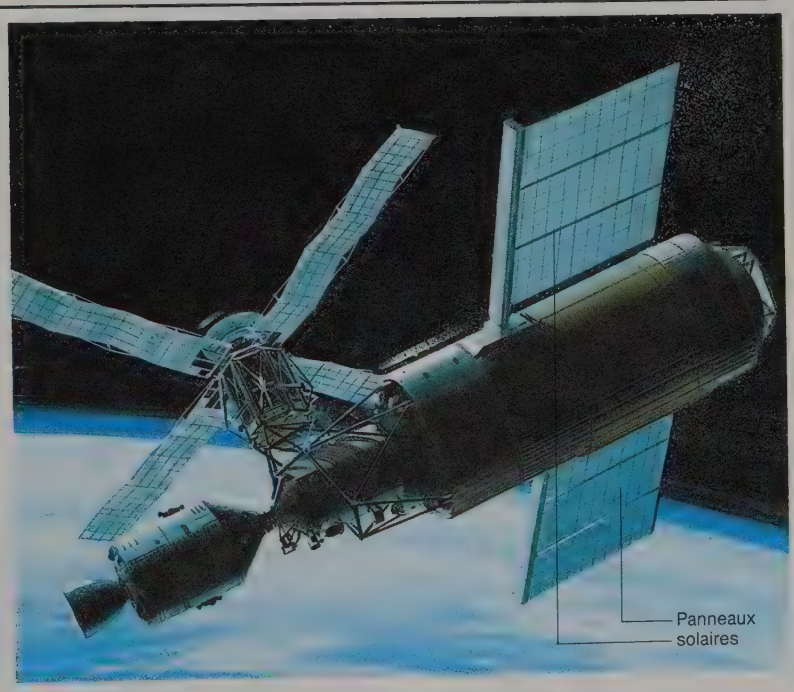
◄ Qu'est-ce que la « marche » des astronautes dans l'espace ?

Le terme de « marche spatiale », souvent utilisé, est incorrect. On ne peut marcher que sur une surface, lorsqu'on est attiré par la pesanteur. Dans l'espace, il vaut mieux parler de « natation cosmique ».

La première sortie spatiale a été effectuée en mars 1965 par le cosmonaute soviétique Alexis Leonov ; il évolua pendant 10 minutes hors de sa cabine *Voskhod,* relié à elle par un cordon. La plus longue sortie spatiale fut effectuée en décembre 1973 par les astronautes américains Carr et Pogue, qui sont restés durant 7 heures hors de la station orbitale *Skylab.*

► Quelle source d'énergie utilisent les engins spatiaux ?

Tous les engins spatiaux ont besoin d'une source d'énergie électrique pour alimenter leurs équipements de bord. Les plus simples sont équipés de batteries qui sont rechargées par des cellules solaires disposées sur de grands panneaux extérieurs.

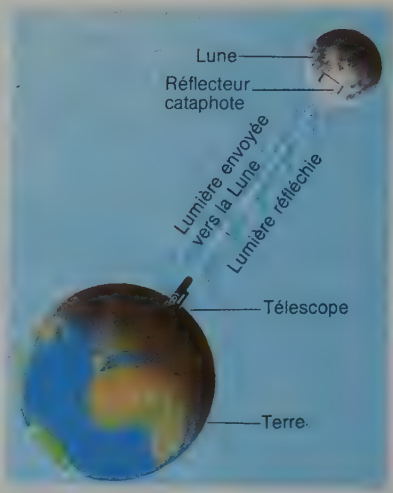


Les satellites et sondes spatiales qui doivent fonctionner pendant plusieurs années ont recours à cette formule, car le Soleil brille en permanence, de façon constante et pour longtemps. Elle ne convient pas aux sondes qui vont explorer le système solaire lointain, car à plusieurs milliards de kilomètres de distance le Soleil ne rayonne que très peu d'énergie. Les sondes lointaines *(Pioneer, Voyager)* sont équipées de générateurs nucléaires. Les vaisseaux spatiaux habités américains, dont la navette spatiale, ont recours aux piles électriques à combustible, qui peuvent fournir beaucoup de courant mais sur une durée relativement courte. De plus, ces piles produisent de l'eau potable.

▸ Comment mesure-t-on la distance de la Terre à la Lune ?

La vitesse de la lumière est connue avec une grande précision : 299 792,4 km/s. Si un faisceau de lumière laser est envoyé vers la Lune et réfléchi vers la Terre, il suffit de mesurer le temps d'aller-retour pour calculer la distance.

Cette expérience a été faite grâce aux cinq cataphotes déposés à la surface de la Lune lors de missions *Apollo,* ou fixés sur les chenillettes soviétiques *Lunokhod.* Les astronomes ont envoyé des faisceaux laser vers ces réflecteurs cataphotes. Un grand télescope a capté le faible écho lumineux renvoyé, et mesuré la durée du trajet au millionième de seconde près.



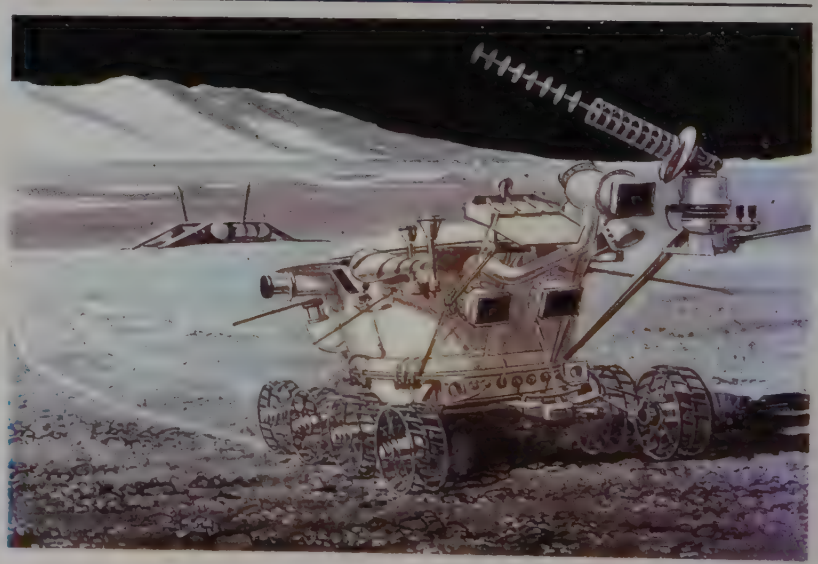
◂ Comment a-t-on commencé à explorer la Lune ?

Le premier objet qui ait touché la Lune est la sonde soviétique *Luna 2,* en septembre 1959. La face cachée fut photographiée le mois suivant par *Luna 3* (ci-contre). Les premiers clichés en gros plan furent obtenus par la sonde américaine *Ranger 7* en juillet 1964.

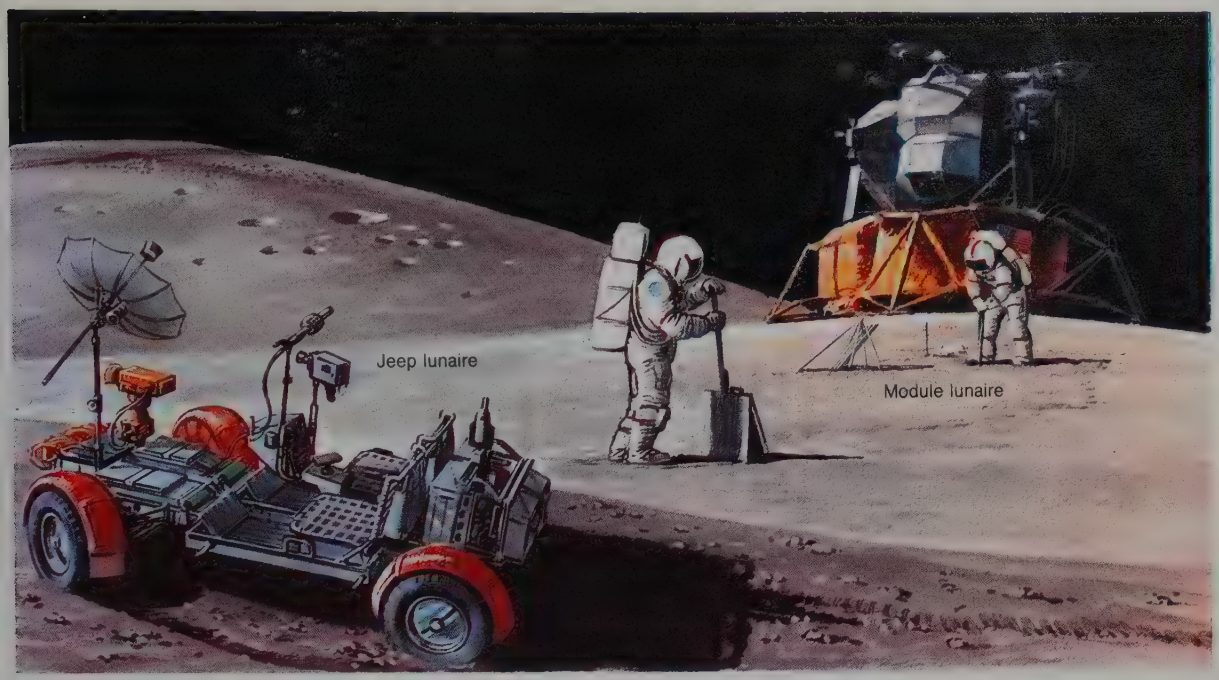
C'est en 1966 que fut réussi le premier atterrissage en douceur avec *Luna 9.* Quelques mois plus tard, les Américains déposaient une série de cinq *Surveyor,* en préparation au premier débarquement des hommes. Le premier satellite artificiel de la Lune fut *Luna 10* en avril 1966. L'U.R.S.S. n'a pas envoyé d'hommes sur la Lune, mais trois de leurs sondes ont prélevé quelques centaines de grammes d'échantillons.

▸ Comment fonctionnent les sondes lunaires automatiques ?

De très nombreuses sondes spatiales automatiques ont été envoyées vers la Lune. Certaines se sont mises en orbite autour d'elle pour en prendre des photos détaillées ; d'autres se sont posées à sa surface, en douceur.



La chenillette télécommandée soviétique *Lunokhod* est la plus perfectionnée de ces sondes lunaires automatiques. Deux exemplaires se sont posés sur la Lune en 1970 et 1973. Elles y ont parcouru chacune une dizaine de kilomètres. Ces véhicules pèsent environ 700 kilos, et disposent de deux caméras de télévision. Les sondes *Luna 16, 20* et *24* ont, par ailleurs, de 1970 à 1976, prélevé des échantillons de sol lunaire pour les ramener sur Terre. La partie supérieure de ces sondes rentrait dans l'atmosphère, freinée par un parachute, avant d'être récupérée.



▲ Comment les vaisseaux *Apollo* sont-ils allés sur la Lune ?

Une mission *Apollo* de vol vers la Lune comportait plusieurs étapes. La mise en orbite autour de la Terre ; puis le vol Terre-Lune et la mise en orbite lunaire ; enfin, la descente vers la Lune. Au retour, décollage de la Lune, rendez-vous avec le vaisseau *Apollo*, puis décrochage de l'orbite lunaire et plongée vers la Terre.

Sur les 3 000 tonnes qui décollaient de la Terre on n'en déposait que 15 sur la Lune, et il en revenait finalement 5 sur Terre.

Le moment le plus spectaculaire fut celui de l'arrivée sur la Lune.

Ci-dessus, la jeep et le module lunaires. Sa partie inférieure, posée sur ses quatre jambes, reste sur la Lune. Seule la partie supérieure décolle, avec deux astronautes.

▲ Comment les astronautes d'*Apollo* ont-ils exploré la Lune ?

La plus importante tâche des astronautes était de collecter des échantillons de roches lunaires. Lors des premières missions, les astronautes se déplaçaient à pied ; lors des trois dernières, ils disposaient d'un véhicule, la « jeep lunaire ».

Les astronautes ont également déposé sur la surface lunaire un grand nombre d'instruments de mesure scientifiques : notamment des sismomètres et des détecteurs de particules, ainsi que des cataphotes pour renvoyer des rayons laser vers la Terre. Tous ces appareils étaient alimentés par un petit générateur nucléaire. Ils ont fonctionné pendant 10 ans pour les plus anciens, puis ont été arrêtés par télécommande depuis la Terre.

Ci-dessus, les astronautes procèdent à des forages. En six missions ils ont rapporté ainsi près de 400 kilos de roches.

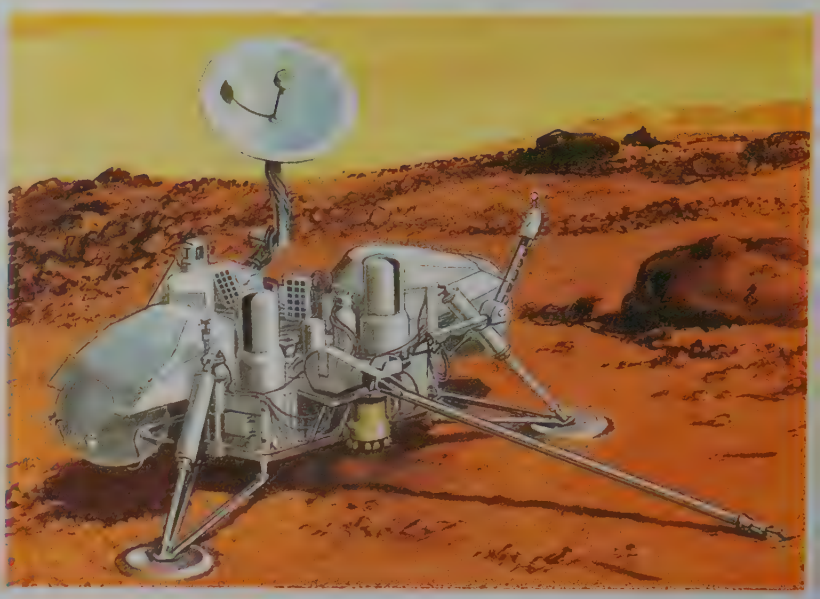
▲ Comment fonctionnait la jeep lunaire ?

La jeep lunaire était un véhicule à quatre roues motrices, actionnées par un moteur électrique. Sa vitesse maximale était de 15 km/h, et son autonomie de 60 kilomètres environ. Après cela, les batteries étaient épuisées. Pour les missions *Apollo 15, 16, 17*, les astronautes purent disposer de cette jeep.

Ce véhicule pouvait transporter deux astronautes et 180 kilos d'instruments ou d'échantillons. Elle était équipée d'une caméra de télévision en couleurs et d'une antenne de liaison avec la Terre. Les pneus étaient faits d'une enveloppe métallique grillagée, adaptée au terrain lunaire poussiéreux. Le tableau de bord comportait un petit ordinateur gardant en mémoire la route suivie ; ainsi les astronautes ne pouvaient pas se perdre, même hors de vue du module lunaire.

▸ Comment Mars a-t-elle été explorée ?

Les premières photos en gros plan de la planète Mars ont été obtenues en juillet 1965 par la sonde spatiale américaine *Mariner 4*. *Mariner 9*, qui fut le premier satellite artificiel martien, en a envoyé de bien meilleures encore. Puis durant l'été 1976 deux sondes *Viking* se sont posées en douceur à la surface de la planète.

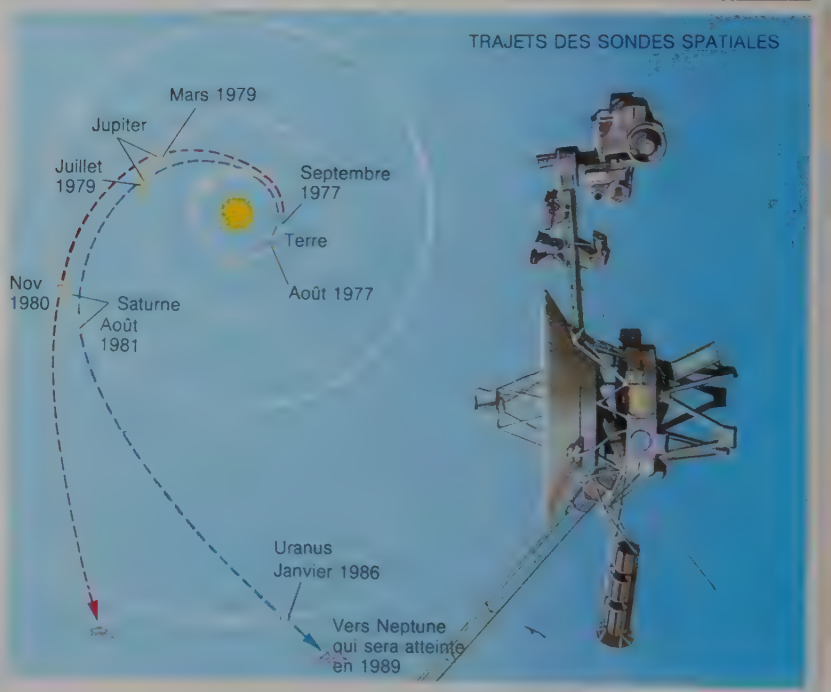


Les *Viking 1* et *2* ont atterri dans l'hémisphère nord de Mars, par 23 et 48° de latitude respectivement. La température ne monte jamais au-dessus de – 27 °C le jour, et descend jusqu'à – 65° la nuit.

Ces deux sondes ont prélevé des échantillons de sol et les ont analysés dans un laboratoire automatique. On n'y a trouvé aucune matière vivante. Quant aux caméras, elles ont révélé un paysage désertique, recouvert d'une fine couche de sable rouge et jonché de pierres. Le ciel de Mars est rose saumon.

▸ Comment a-t-on survolé les planètes géantes ?

Les planètes lointaines de notre système solaire sont des planètes géantes. La première sonde envoyée dans cette région fut *Pioneer 10*, qui survola Jupiter en décembre 1973. Un an plus tard, *Pioneer 11* survola à son tour Jupiter, puis Saturne en septembre 1979. Des sondes plus perfectionnées, les *Voyager 1* et *2*, ont survolé chacune Jupiter et Saturne entre 1979 et 1981. *Voyager 2* poursuit maintenant sa route vers Uranus, qui sera atteinte en 1986, et Neptune en 1989, après 12 ans de vol interplanétaire.



Toutes ces sondes ont transmis des photos extraordinaires. Elles révèlent ces planètes en gros plan, ainsi que leurs multiples satellites. Outre leurs caméras, les sondes possèdent des instruments de mesure qui ont permis de connaître la composition de ces planètes géantes, leur champ magnétique, leur ceinture de radiations, etc.

Pour ces multiples survols, notamment avec *Voyager 2*, on a profité d'une occasion assez rare, pendant laquelle les quatre grosses planètes lointaines se trouvaient presque alignées.

▼ Comment est lancée la navette spatiale ?

La navette spatiale proprement dite, qui a la forme d'un avion à ailes delta, est accolée au départ à un énorme réservoir qui contient sa réserve de carburant. De plus, pour aider au décollage, elle est flanquée de deux fusées à poudre de forte poussée, qui se détachent à 43 kilomètres d'altitude et redescendent en parachute.

Seul le gros réservoir n'est pas récupéré, mais il est relativement peu coûteux. Il est largué juste avant la mise en orbite et brûle dans l'atmosphère au-dessus de l'océan Indien.

Pour rentrer, la navette actionne de petites rétro-fusées qui la font plonger dans les couches denses de l'atmosphère, contre lesquelles elle se freine. L'atterrissage final se fait en vol plané, à 350 km/h.

▲ A quoi sert la navette spatiale ?

Le rôle de la navette spatiale, comme son nom l'indique, est d'effectuer des allers-retours entre la Terre et l'espace. Elle peut emporter jusqu'à 7 passagers et 30 tonnes de charge utile dans sa soute.

En 1985 le parc des navettes sera pleinement opérationnel avec 4 appareils : Columbia, Challenger, Atlantis et Discovery. Le rythme des lancements sera alors de deux par mois.

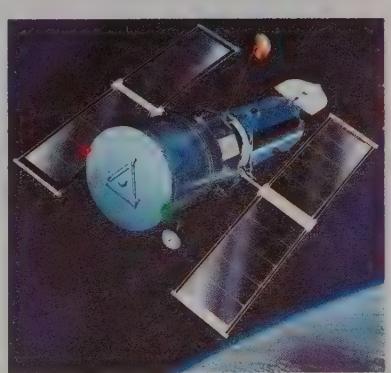
La navette pourra larguer des satellites en orbite, emporter le laboratoire européen « Spacelab » à bord duquel travailleront des scientifiques, puis livrer les tronçons d'une grande station qui sera assemblée autour de la Terre vers 1990.

► Pourquoi lancer un grand télescope dans l'espace ?

En 1986, la navette spatiale lâchera dans l'espace, à 500 kilomètres d'altitude, un énorme télescope. Son miroir mesurera 240 centimètres de diamètre. Opérant hors de l'atmosphère, ce télescope aura des performances dix fois supérieures aux plus puissants télescopes terrestres.

Ce télescope spatial entièrement automatique se pointera tout seul vers les astres que les astronomes souhaiteront observer. Les clichés obtenus seront transmis vers la Terre par radio.

Le télescope spatial aura l'avantage de pouvoir travailler 24 heures sur 24 et 365 jours par an. Sa puissance lui permettra d'observer des planètes autour d'autres étoiles et de détecter des astres encore inconnus. Grâce à lui, nos connaissances astronomiques devraient faire un bond considérable.



Notre planète : la Terre

▼ Comment connaît-on les courants océaniques ?

La méthode la plus simple pour mesurer la vitesse et la direction des courants à la surface des océans est de suivre le déplacement de corps flottants, comme les icebergs. Mais il existe également des appareils donnant des mesures plus précises.

Ces appareils sont de plusieurs sortes. La plupart possèdent une dérive qui maintient l'appareil dans le sens du courant, une boussole qui indique sa direction, et une hélice actionnée par l'eau ; cette dernière indique la vitesse du courant.

Il y a aussi un équipement électronique complémentaire qui procède à d'autres types de mesure, comme le degré de salinité de l'eau. Tous ces renseignements sont enregistrés sur bande magnétique.

▲ Comment prélève-t-on des échantillons au fond des mers ?

Autrefois, les scientifiques ne disposaient que de simples dragues pour collecter des échantillons de fonds marins. L'illustration montre ici un équipement plus moderne. Des instruments de prélèvements télécommandés peuvent maintenant être envoyés à grande profondeur à bord de petits sous-marins spéciaux.

Le navire de recherches océanographiques *Glomar Challenger* est équipé pour forer dans le fond marin, jusqu'à 7 kilomètres de profondeur. On commence par déposer un sonar au fond de l'océan, ce qui permet au navire de se maintenir au-dessus du même point, malgré les courants. Puis une foreuse entre en action, et les matériaux prélevés sont placés dans un conteneur qui est ramené en surface. Ces matériaux sont des sédiments ou des roches plus dures.

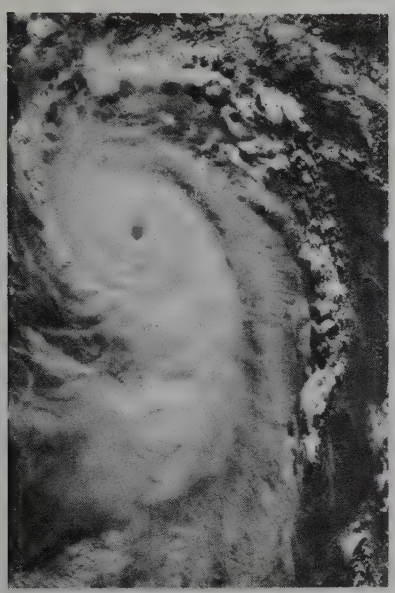
▸ Comment mesure-t-on les vents de haute altitude ?

Les radiosondes sont des ballons que les météorologistes lâchent dans l'atmosphère plusieurs fois par jour, depuis des stations météo. Les ballons sont gonflés à l'hydrogène, un gaz plus léger que l'air, et s'élèvent donc rapidement. Ils emportent des appareils de mesure qui transmettent leurs informations par radio.

Le déplacement de ces ballons est suivi par radar. Ils sont aussi interrogés par des satellites.

Les radiosondes envoient des informations sur la pression, la température et l'humidité dans l'atmosphère, ainsi que sur les vents qui règnent à haute altitude. Quand il atteint une trop grande altitude, le ballon éclate et les instruments redescendent en parachute.

Grâce à eux, nous savons que des vents très forts (300 km/h) soufflent vers 15 kilomètres d'altitude. Ce sont des « courants-jets » *(jet-streams).*



◂ Comment explore-t-on les cyclones ?

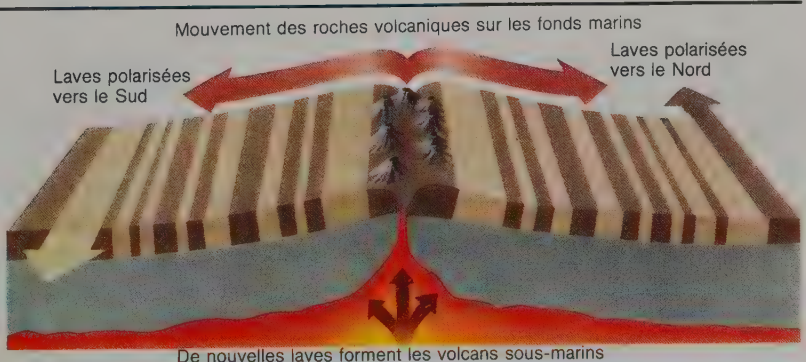
En 1943, un avion a pénétré pour la première fois dans un cyclone. Maintenant, ce phénomène est photographié par des satellites et suivi au radar. Mais de précieux renseignements sont encore obtenus à partir d'avions spécialement équipés, qui pénètrent à l'intérieur même du cyclone, tourbillon de forme circulaire.

Les très fortes tempetes de l'Atlantique Nord sont appelées « ouragans ». Dans le Pacifique ce sont des « typhons », et dans l'océan Indien des « cyclones ».

A bord des avions qui explorent les cyclones, des scientifiques enregistrent un grand nombre de mesures, comme la vitesse horizontale et verticale du vent, la température, la pression, ou la taille des gouttelettes d'eau. Après chaque vol les avions sont soigneusement examinés pour voir s'ils n'ont pas subi de dommages.

▸ Comment calcule-t-on l'expansion des fonds sous-marins ?

En certains endroits, la croûte terrestre est fracturée et laisse s'échapper du magma, par de grandes lèvres qui courent au fond des océans ; la matière qui en sort repousse lentement les plaques situées de part et d'autre.



Ainsi l'Amérique s'éloigne de l'Europe de 2 centimètres par an. Ce qui est vérifié par les prélèvements de roches sous-marines : leur âge, leur structure, leur magnétisation montrent bien qu'il y a apparition de roches nouvelles au niveau de cette lèvre, et que le fond sous-marin est de plus en plus ancien à mesure qu'on s'en écarte.

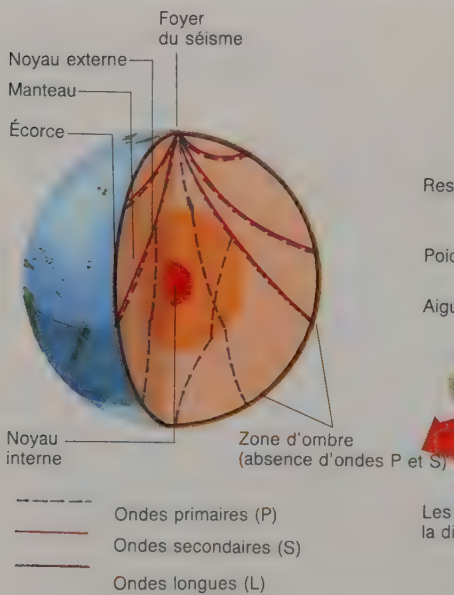
Cette structure est très frappante dans l'Atlantique, barré sur toute sa longueur par une faille sur laquelle se placent de nombreux volcans sous-marins.

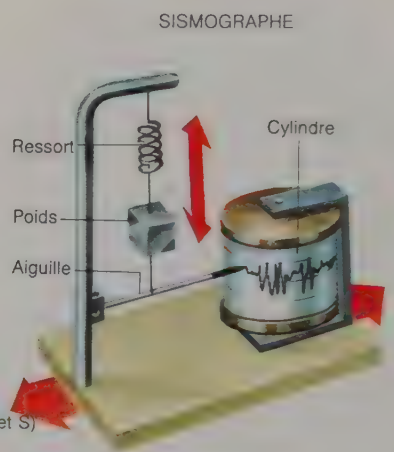
► Qu'est-ce que les satellites nous disent sur la Terre ?

De nombreux satellites tournent autour de la Terre. Certains, comme les satellites météo, la photographient de façon classique. D'autres en prennent des photos en infrarouge et sur plusieurs longueurs d'ondes lumineuses.

Ces derniers sont particulièrement intéressants, car ils permettent de déterminer la nature des terrains photographiés, le type de végétation, la température de l'eau, etc. Ces informations n'apparaissent pas sur les photographies en couleurs normales.

Les États-Unis ont lancé quatre satellites de ce type, baptisés *Landsat*. (La France en lancera deux, baptisés *Spot*, en 1984-85.) Ils ont permis d'évaluer à l'avance des récoltes, de détecter des pollutions, de repérer des végétations malades et de localiser de nouveaux gisements de minerais.





Les flèches rouges indiquent la direction de la secousse enregistrée

▲ Comment peut-on étudier l'intérieur de la Terre ?

L'intérieur de la Terre se compose de quatre parties : le noyau interne, le noyau externe, le manteau et l'écorce. Cette coupe de la Terre a pu être établie en analysant la propagation des vibrations provoquées par les séismes (tremblements de terre).

Les sismographes enregistrent trois sortes de vibrations : des ondes primaires (P), des ondes secondaires (S) et des ondes longues (L). Les ondes P (longitudinales) ont une grande vitesse et traversent les solides comme les liquides ; les ondes S (transversales) traversent seulement les solides ; les ondes L sont les plus lentes ; elles ne se propagent qu'en surface. Et provoquent les plus fortes secousses lors des séismes.

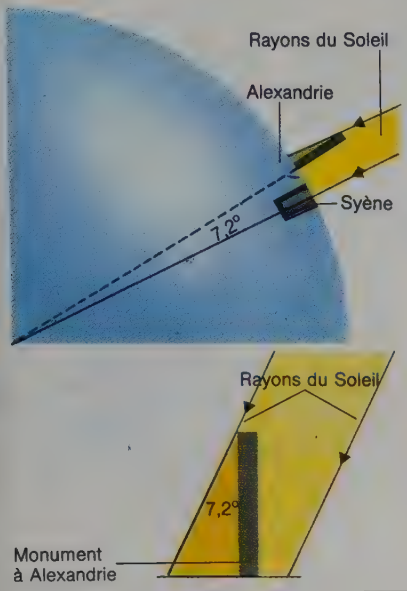
La vitesse et la direction de propagation des ondes P et S donnent des indications sur la nature des matériaux situés à l'intérieur de la Terre.

◄ Comment évalue-t-on les tremblements de terre ?

Les tremblements de terre déclenchent des vibrations qui se propagent à travers le globe terrestre. Ces vibrations sont enregistrées par des appareils appelés sismographes. Pour mesurer leur intensité et leur énergie, on utilise des échelles.

La plus connue est celle de Richter, qui mesure la magnitude du séisme, c'est-à-dire l'énergie libérée par la secousse. Les plus fortes sont de magnitude 9. L'échelle d'intensité traduit la violence du choc ressenti en surface. Celle de Mercali compte douze degrés.

Les sismographes sont fixés sur des piliers de béton profondément enfoncés dans le sol. Un poids fixé sur un support se déplace à la moindre vibration, entraînant avec lui une aiguille qui trace la secousse sur un cylindre tournant. Le graphique ainsi obtenu permet de localiser l'endroit du séisme (épicentre), à partir de mesures effectuées en plusieurs points.



◄ Comment a-t-on mesuré la taille de la Terre ?

Quand on comprit que la Terre était ronde, on put la mesurer par des méthodes géométriques simples. Une nouvelle science apparut alors : la géodésie.

Ce dessin montre comment Eratosthène, vers 250 av. J.-C., a pu mesurer les dimensions de la Terre avec une bonne précision. Il avait remarqué qu'à midi, au milieu de l'été, le Soleil brillait juste à la verticale de la ville de Syène, en Égypte. A la même date, un obélisque situé à Alexandrie, un peu plus au nord, portait une ombre d'un angle de 7,2°. Il comprit que cet écart correspondait à la différence de latitude entre les deux villes. Il calcula donc combien de fois il y a cet angle dans une circonférence (360°), et multiplia ce nombre par la distance séparant les deux villes, pour obtenir la circonférence de la Terre. Il trouva 45 300 kilomètres, juste un peu plus que les 40 060 réels !

► Comment les différentes sortes de roches se sont-elles formées ?

Les géologues classent les roches terrestres en trois grandes catégories : les roches ignées (qui ont subi une fusion), sédimentaires (obtenues par dépôt) et métamorphiques (après transformation).

Les toutes premières roches de l'écorce terrestre étaient des roches ignées. Ces roches ont formé des reliefs, dans le creux desquels, sur terre ou sur mer, des débris divers se sont déposés ; ces sédiments se sont solidifiés pour donner des roches sédimentaires. En certains endroits, ces deux types de roches ont subi des fusions et des pressions qui les ont transformées en roches métamorphiques.

Des roches continuent de se former de nos jours. Les fleuves et les rivières transportent en effet des boues et du sable qui se déposent dans la mer et formeront plus tard de nouvelles roches sédimentaires.

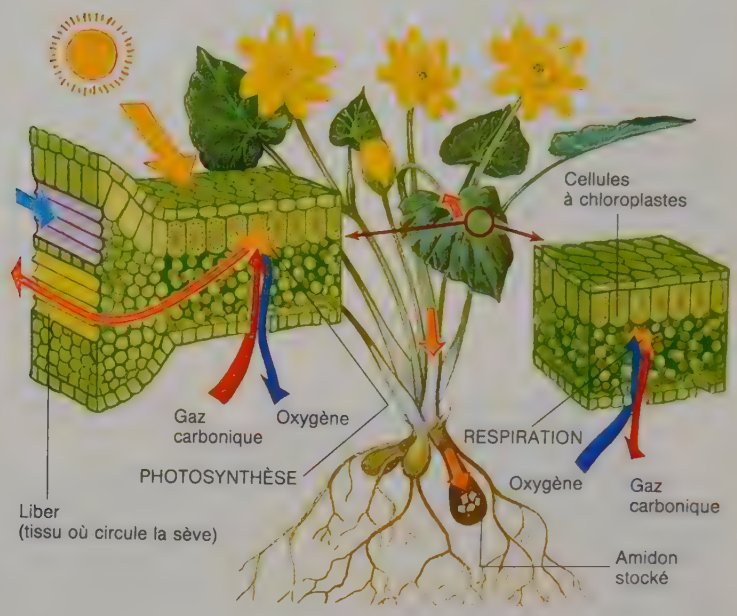
▲ Comment mesurer l'âge des roches ?

En étudiant la forme de leurs strates (dépôts successifs) ou des fossiles qu'elles contiennent, les géologues peuvent situer l'ordre de formation des roches, mais pas leur âge (à ce sujet, voir page 65).

Les éléments radioactifs se transforment graduellement en d'autres éléments. L'uranium, par exemple, devient du plomb. Or, on connaît le rythme de cette transformation. Si l'on mesure la proportion d'uranium par rapport au plomb, on saura donc quel est l'âge de la roche qui les contient.

Des éléments radioactifs comme l'uranium 238 mettent plusieurs millions d'années pour se transformer de moitié ; on peut ainsi déterminer l'âge de roches dépassant le milliard d'années. Pour des roches plus jeunes, on utilise des éléments radioactifs dont la période de désintégration est plus courte : ainsi le carbone 14.

Plantes et animaux



▲ Comment les plantes vertes « fabriquent »-elles leur nourriture ?

Les plantes vertes fabriquent leur nourriture par photosynthèse. Elles utilisent l'énergie du Soleil, le gaz carbonique et l'eau pour fabriquer du sucre.

La photosynthèse est rendue possible par la présence d'une substance verte, la chlorophylle, qui capte l'énergie solaire. Elle est contenue dans de petites particules, les chloroplastes.

La chlorophylle transforme l'énergie solaire en énergie chimique, qui permet les réactions chimiques de la photosynthèse. Le gaz carbonique, prélevé dans l'air, et l'eau sont utilisés pour fabriquer, parmi d'autres substances « organiques », du sucre.

▲ Comment les plantes respirent-elles ?

Les plantes respirent comme les animaux. Elles prélèvent de l'oxygène dans l'air et rejettent du gaz carbonique.

Le sucre que la plante fabrique grâce à à la photosynthèse est détruit et transformé, à l'aide de l'oxygène, en gaz carbonique et en eau.

Tout cela se passe dans de minuscules particules contenues dans les cellules, les mitochondries. Environ 40 pour 100 de l'énergie puisée dans la nourriture sont utilisés par la plante pour sa croissance et sa reproduction. Le reste est perdu sous forme de chaleur.

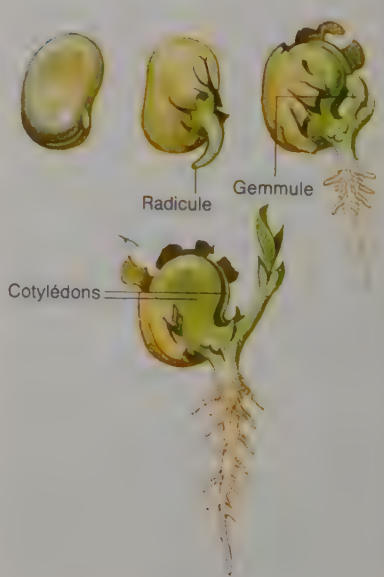
La respiration des plantes vertes n'est pas très apparente parce qu'elle est « masquée » par la photosynthèse.

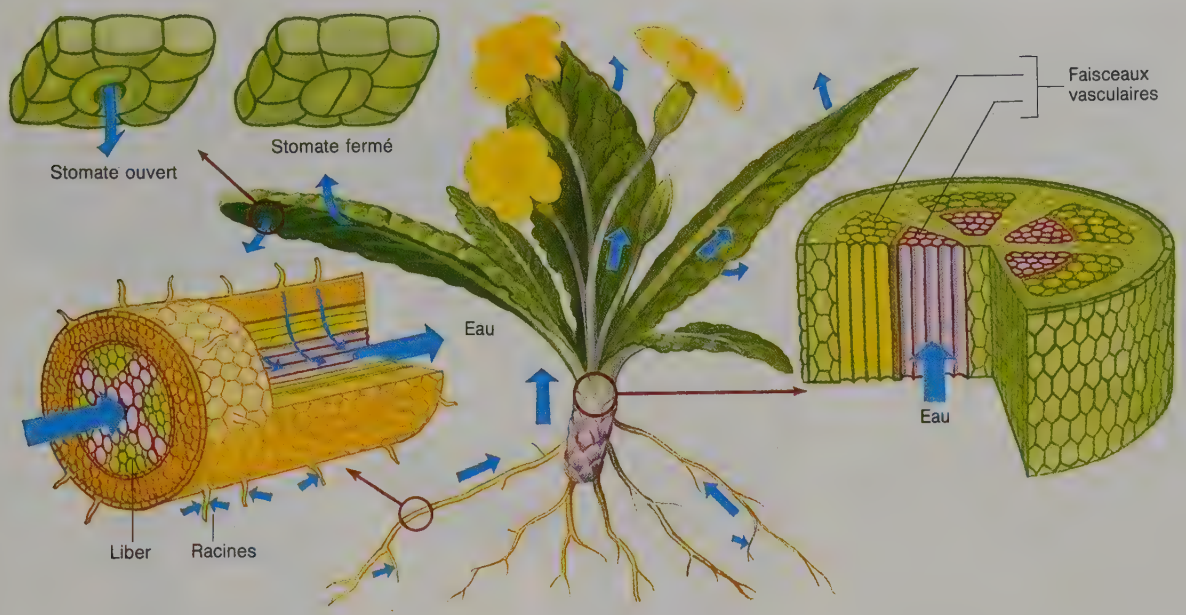
▼ Comment une graine se transforme-t-elle en plante ?

Une graine commence à germer quand l'eau passe à travers son enveloppe. Alors, elle gonfle, et il en pousse tige et racine.

La jeune racine, ou radicule, pousse la première et se dirige dans le sol. Au contraire, la petite tige, ou gemmule, se met à pousser vers le haut.

La jeune plante vit grâce à ses réserves de nourritures qui, en général, sont contenues dans les ébauches de feuilles, ou cotylédons. Parfois, la jeune tige porte les cotylédons au-dessus de la terre. Ils deviennent verts et assurent la photosynthèse jusqu'au développement des premières vraies feuilles. Chez d'autres plantes, par exemple les haricots, les cotylédons restent sous terre (comme le montre le dessin).





▲ Comment les plantes trouvent-elles de l'eau ?

Les plantes trouvent de l'eau dans le sol. Leurs racines et les poils qui les couvrent absorbent cette eau.

Les racines d'une plante ont deux rôles. D'abord, elles l'attachent au sol. Ensuite, elles absorbent l'eau, indispensable à la survie de la plante.

Les racines poussent sans cesse à la recherche de l'eau. Ou bien elles s'étendent à l'horizontale, près de la surface du sol. Ou bien elles s'enfoncent profondément dans la terre.

L'eau est absorbée par les extrémités des racines les plus fines, ou par les poils des racines, dits poils absorbants : ce sont de longues cellules issues des racines. Ensuite, l'eau pénètre dans les cellules de l'intérieur des racines, puis atteint le tissu conducteur au centre de celles-ci.

Ce tissu conducteur a l'aspect d'une colonne en forme d'étoile. C'est grâce à lui que l'eau parviendra dans la tige.

▲ Comment l'eau monte-t-elle dans la tige ?

L'eau monte jusqu'aux feuilles de la plante en passant par son tissu conducteur. Les vaisseaux de celui-ci sont groupés en cordons, que l'on appelle les faisceaux vasculaires.

Les vaisseaux où l'eau circule sont constitués de cellules mortes. Ils forment de longs tubes qui vont d'une extrémité à l'autre de la plante. Leurs parois sont dures et épaisses. Ils sont unis aux tubes voisins par des orifices.

On pensait jadis que l'eau était pompée, soit par les racines, soit par les cellules vivantes de la tige. En réalité, c'est impossible. L'eau est sans doute plutôt « attirée » à partir du haut. L'évaporation de l'eau des feuilles crée un vide dans celles-ci. L'eau cherche alors à le remplir et monte peu à peu jusqu'aux feuilles, comme aspirée.

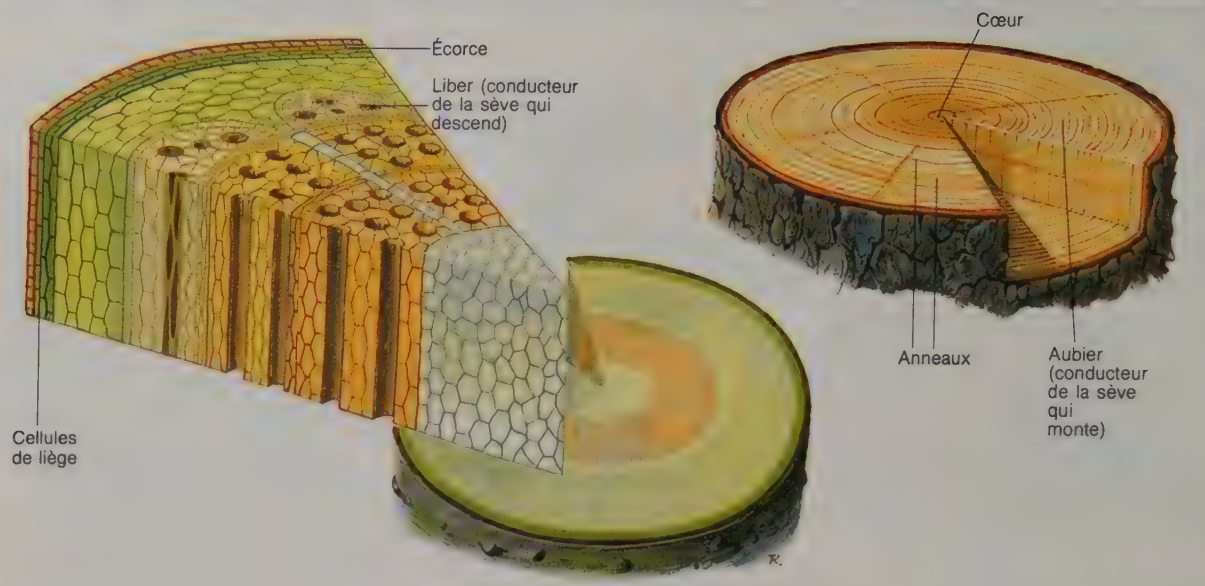
▲ Qu'est-ce que la transpiration ?

La transpiration est la perte d'eau par les feuilles. L'eau s'évapore depuis les cellules de celles-ci et sort par de petites ouvertures situées pour la plupart sur le dessous des feuilles, et appelées stomates.

Grâce à l'évaporation de son eau, la plante demeure fraîche même s'il fait chaud. En plein été, un grand arbre peut ainsi abaisser sa température de plusieurs degrés : il a alors perdu plusieurs centaines de litres d'eau ! Et surtout, la transpiration permet à la plante de prélever l'eau du sol, ce qui lui apporte de la nourriture.

La plante transpire plus ou moins selon les conditions écologiques. Elle transpire beaucoup quand il fait très chaud, mais aussi lorsque souffle un vent sec. Quand le temps est frais, elle transpire moins.

Les stomates contrôlent aussi la transpiration. Lorsqu'il y a peu d'eau dans le sol et que la plante risque de dépérir, les stomates se ferment.



▲ Quelle est la structure du bois ?

Le bois d'un arbre est un tissu conducteur d'eau (ou de sève). Chaque année, il se développe, et le tronc devient plus épais.

Les faisceaux conducteurs d'une jeune plante forment un anneau. Chaque faisceau contient un tissu conducteur de liquide sucré (sève élaborée), et du bois qui conduit l'eau et les sels minéraux (sève « brute ») ; entre eux, se trouve une couche de cellules capables de se diviser pour former l'un et l'autre. La sève élaborée descend, la sève brute monte.

Une tige prend l'aspect du bois lorsque cette couche de cellules produit assez de bois pour former un cylindre dans la tige.

Le bois devient chaque année plus important : la tige devient tronc.

Dans le tronc d'un arbre, et dans ses branches les plus âgées, le bois se solidifie. Le transport de la sève ne s'effectue que par l'aubier. Celui-ci entoure le bois de cœur, qui donne sa force à l'arbre.

▲ Comment connaître l'âge d'un arbre ?

Si vous regardez une souche d'arbre, vous verrez une série d'anneaux. Chacun correspond à une année. Ainsi vous connaîtrez l'âge... auquel l'arbre a été coupé.

Un arbre grandit seulement pendant le printemps et l'été. Au printemps apparaissent dans le bois de grandes cellules. Puis, les nouvelles cellules sont plus petites. Au début de l'automne, la croissance s'arrête. Elle ne reprendra qu'au prochain printemps. La limite entre les petites cellules de la fin de l'été et les grandes cellules du printemps correspond à un anneau sur la coupe de l'arbre. C'est pourquoi le nombre d'anneaux est égal à celui d'années de l'arbre.

Des cellules du tissu conducteur de sève sucrée, le liber, sont aussi produites chaque année. Mais elles ne forment pas d'anneaux, car leurs cellules ont une membrane mince. Chaque année, le vieux liber est détruit et il est incorporé à l'écorce.

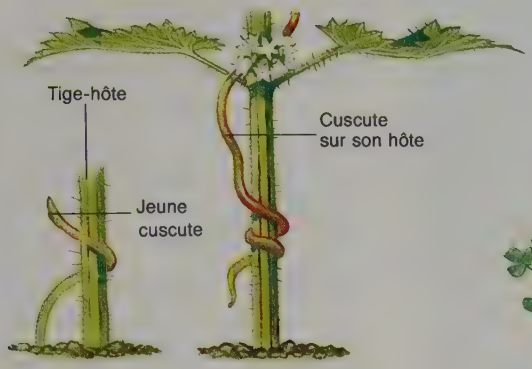
▲ Comment l'écorce se forme-t-elle ?

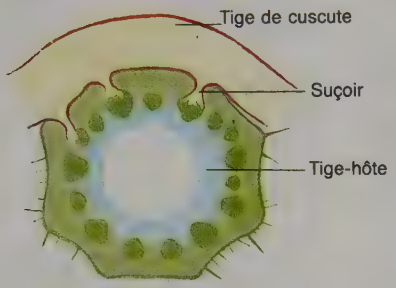
Quand du bois apparaît dans une jeune plante, de l'écorce se forme en surface. Elle est composée de cellules mortes, imperméables, produites dans les couches externes de la plante.

Lorsque le bois se forme dans la plante, une couche de cellules, près de la surface, commence à se diviser et à produire des cellules de liège. Leurs membranes se renforcent bientôt grâce à une substance imperméable. Ces cellules meurent et constituent l'écorce.

Au long des années, l'écorce s'épaissit depuis l'intérieur. Aussi la branche ou le tronc sont-ils protégés par cette enveloppe imperméable.

L'écorce protège l'arbre contre le mauvais temps ou les variations de température. Elle contient des substances qui éloignent les insectes. Elle a parfois des utilisations commerciales. Le vrai liège vient ainsi de l'écorce du chêne-liège et la quinine de l'écorce du quinquina.





▲ Comment les plantes parasites se nourrissent-elles ?

Les plantes parasites dépendent entièrement de la plante-hôte. Elles n'ont pas de feuilles vertes et ne peuvent effectuer la photosynthèse. Ainsi elles creusent les tissus de leur hôte et y prennent leur nourriture.

Les plantes parasites sont celles qui vivent sur les autres plantes sans leur être utiles ; au contraire, elles leur sont nuisibles.

Ainsi, les cuscutes sont parasites : elles ont de longues tiges rouges ou jaunes qui se tortillent ; leurs feuilles, minuscules, ressemblent à des écailles. La plupart vivent aux dépens de petites plantes, comme les ajoncs et les orties, mais certaines sont parasites d'arbres. Une jeune cuscute s'enroule autour de la plante-hôte et y fait pénétrer ses suçoirs dans le plus d'endroits possible. Quand la plante commence à fleurir, ses racines se flétrissent.

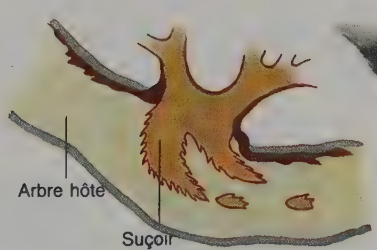
Dentaires et orobanches sont aussi des plantes parasites. Les premières attaquent les trèfles et les pâquerettes ; les secondes sont parasites d'arbres, comme le noisetier. Toutes s'en prennent aux racines de ces plantes.

L'une des plantes parasites les plus extraordinaires est la rafflesia. Sa fleur énorme, la plus grande du monde, est la seule partie visible. Le reste consiste en filaments enfouis dans les racines de son hôte.

► Pourquoi le gui pousse-t-il sur les arbres ?

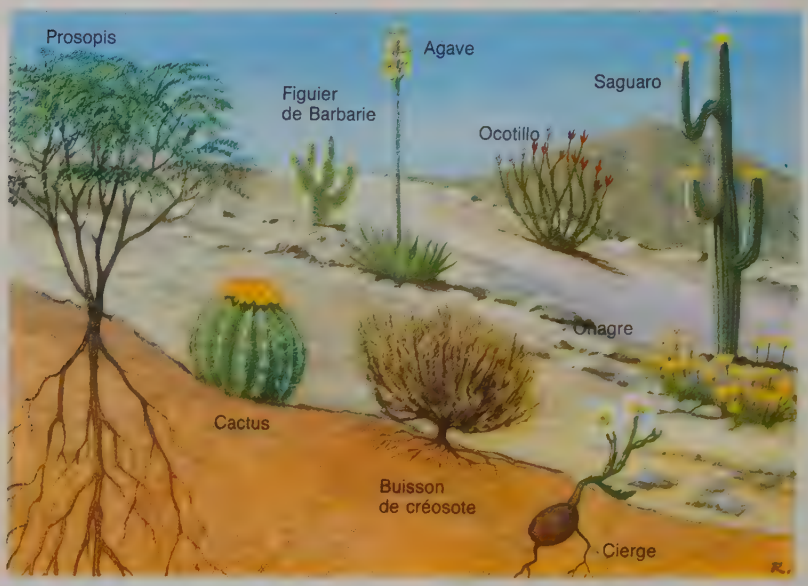
Le gui pousse sur les arbres, à grande hauteur, pour être le plus près possible de la lumière. Pour survivre, il puise l'eau dans les branches de l'arbre qu'il « exploite ».

Le gui est une plante semi-parasite. Il pousse sur différents arbres ou arbustes, comme le pommier, l'aubépine, le saule, le peuplier et le tilleul. Ce n'est pas un parasite total car, grâce à ses feuilles, il fabrique sa nourriture par photosynthèse. Mais il prélève l'eau, les minéraux et les autres substances nourricières sur son hôte.



Les graines du gui sont disséminées par les oiseaux. Merles, grives ou fauvettes mangent ses baies blanches. Celles-ci sont évacuées avec leurs excréments ; ou bien, ils les laissent tomber. Dans les deux cas, elles germent sur une branche.

Le jeune pied de gui va alors développer des « suçoirs » qui s'enfoncent dans la branche et y puisent la sève. De plus, le gui se trouve pourvu d'un crampon en forme de disque grâce auquel il s'accroche à la branche.



◄ Comment survivent les plantes du désert ?

Elles affrontent la sécheresse. Leurs graines ne germent qu'après la pluie.

Pendant les périodes de sécheresse, les graines de nombreuses plantes des déserts « dorment » (elles vivent au ralenti) dans le sol. Dès qu'il a plu, elles germent, les plantes fleurissent, puis meurent au bout de quelques semaines.

▲ Pourquoi de nombreuses plantes du désert sont-elles charnues ?

Un autre moyen pour survivre à la sécheresse, c'est d'emmagasiner de l'eau. Beaucoup de plantes des déserts la conservent dans leur tige et leurs feuilles. Vous connaissez tous les tiges enflées des cactus d'Amérique du Nord.

Des feuilles ou des tiges charnues peuvent emmagasiner beaucoup d'eau. Après une averse, un cactus peut doubler de diamètre. Pour éviter de perdre de l'eau en transpirant, un cactus n'a pas de feuilles mais des épines, qui ont aussi l'avantage d'éloigner les animaux.

D'autres plantes des déserts emmagasinent l'eau dans leurs feuilles. L'agave a une rosette de feuilles rigides et pointues.

De nombreux arbustes perdent leurs feuilles lors de la saison sèche ; de nouvelles feuilles leur poussent au retour des pluies. Les figuiers de Barbarie perdent parfois l'extrémité de leur tige.

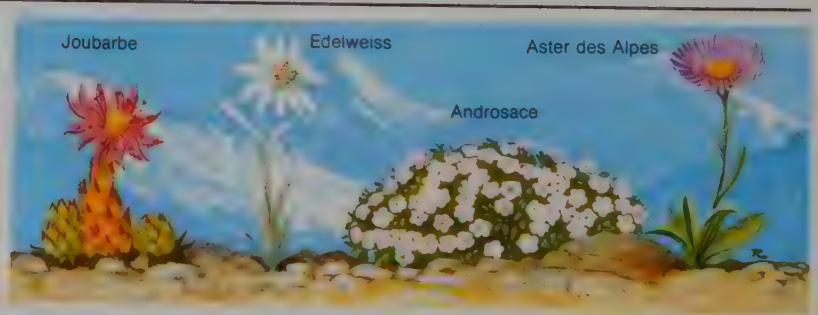
Les racines des plantes des déserts sont souvent longues. C'est le cas de celles des cactus ; celles de certaines espèces vont à plus de 5 mètres de la tige. Celles du prosopis s'enfoncent à plus de 30 mètres de profondeur, pour trouver de l'eau.

Autre plante étrange : le buisson de créosote. Ses feuilles se ratatinent lors des périodes sèches, mais « ressuscitent » après la pluie. De plus, ses racines sécrètent un poison : ainsi, les autres plantes ne peuvent venir lui prendre « son » eau.

► Comment les plantes des montagnes résistent-elles au froid ?

Elles sont en général petites et souvent couvertes de poils.

Les plantes alpines doivent vivre sur un sol pauvre et résister aux terribles vents d'hiver et à la rareté des pluies. Elles sont généralement petites. Par exemple, les feuilles de l'aster des Alpes sont à ras de terre. De nombreuses plantes de montagnes sont rampantes.



Ces plantes ont parfois une forme de « coussinets » : aussi, à l'intérieur de ces plantes, la température est beaucoup plus élevée qu'à l'extérieur. Certaines, comme les gentianes, produisent leur propre chaleur, ce qui leur permet de pousser au printemps sous la neige.

L'edelweiss et d'autres plantes alpines sont couverts de poils. Ceux-ci, non seulement les protègent du froid, mais aussi les préservent de la lumière trop forte et les aident à conserver l'eau.

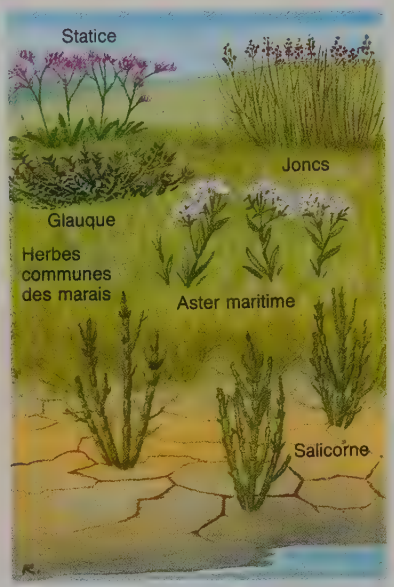
▸ Comment les plantes des marais salants survivent-elles ?

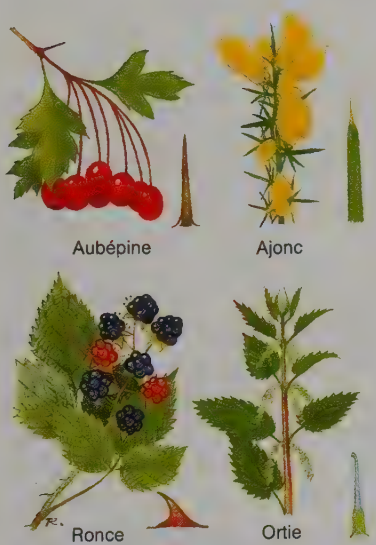
L'eau salée tue les plantes à fleurs. Certaines possèdent cependant des adaptations qui leur permettent d'y pousser.

De nombreuses plantes poussent dans la boue salée des estuaires ou des marais salants. D'autres vivent plus loin de l'eau, là où le sol est moins salé.

Normalement, le sel de la mer attire l'eau que contiennent les plantes ; ainsi desséchées, elles meurent. Mais les plantes des marais salants renferment beaucoup de sel dans leurs cellules. Aussi peuvent-elles absorber sans inconvénient de l'eau salée : elles l'emmagasinent dans leurs feuilles ou leurs tiges qui sont charnues.

La salicorne peut même être complètement recouverte par la mer à marée haute. Plus loin de la mer poussent des plantes telles que l'aster maritime. Encore plus loin poussent joncs, statices, glauques et arméries.





◂ Pourquoi y a-t-il des plantes qui piquent ?

Pour se défendre contre les animaux qui voudraient les brouter, certaines plantes ont des épines ou des piquants.

Le chardon et le houx piquent avec les épines des bords de leurs feuilles. Chez les cactus et les ajoncs, les feuilles sont transformées en épines.

Chez l'aubépine et l'épine noire, les piquants sont des brindilles modifiées. Les épines des roses et des ronces se situent sur leurs tiges : elles sont produites par la couche externe de celles-ci.

Quelques plantes ont de petits poils qui provoquent une irritation intense si on les touche. D'autres plantes, telles les orties, ont des poils qui piquent. Un poil d'ortie est creux et possède une petite boule à son extrémité : celle-ci se casse quand le poil touche quelque chose. Le poison qu'il contient se déverse alors.

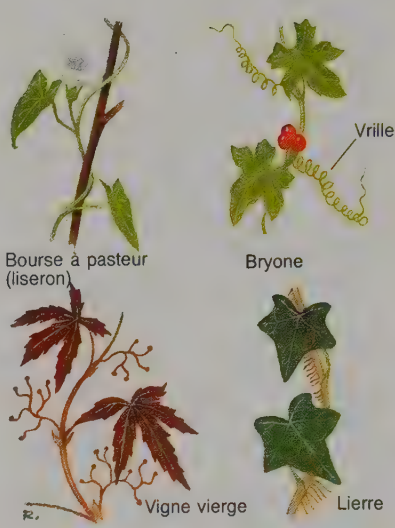
▸ Comment grimpent certaines plantes ?

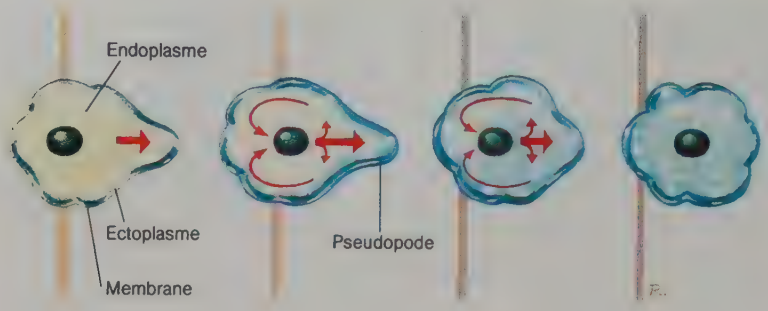
Les plantes grimpantes utilisent des vrilles, des crochets ou des ventouses. Ou, simplement, elles s'enroulent autour d'autres plantes.

Certaines plantes ne se fatiguent pas pour monter vers la lumière : elles économisent leur énergie en utilisant d'autres plantes comme supports.

Grâce à leurs épines, les roses et les ronces peuvent ainsi s'attacher aux autres plantes. Le lierre grimpe sur les arbres ou les murs à l'aide de ses racines-crampons. La bourse à pasteur et le chèvrefeuille s'enroulent autour des plantes.

Les vesces possèdent des vrilles à l'extrémité de leurs feuilles. Les vrilles de la vigne, bien connues, et celles de la courge viennent de leurs tiges. Les clématites s'accrochent grâce aux pédoncules de leurs feuilles. Dans les forêts tropicales, les lianes grimpent sur les arbres, les étouffant parfois au point de les tuer !





▲ Comment une amibe se déplace-t-elle ?

L'amibe est un minuscule animal formé d'une seule cellule. Elle se déplace en avançant un pseudopode ou « faux pied », sorte de prolongement de son corps.

La plus grande partie du corps de l'amibe est constituée d'un liquide granuleux, l'endoplasme. Il est entouré d'une substance gélatineuse, l'ectoplasme, recouverte d'une membrane.

Quand une amibe se met en route, de l'ectoplasme devient liquide, ce qui permet à l'amibe d'émettre un « faux pied ». Une partie de l'endoplasme s'y engage à son tour. Le « faux pied », devenu plus ferme, peut s'étaler. A l'autre bout de l'amibe, l'inverse se produit : l'animal progresse alors dans le sens du pseudopode.

Pourquoi l'endoplasme est-il entraîné vers l'avant ? On l'ignore. Peut-être en raison d'une contraction de la partie opposée de l'animal, qui pousse celui-ci vers l'avant.

▲ Comment les oiseaux volent-ils ?

Quand un oiseau bat l'air de ses ailes, il s'élève. En même temps, il se propulse vers l'avant. Son déplacement est comparable à celui d'un avion.

Vue de côté, une aile d'oiseau ressemble beaucoup à celle d'un avion. Elle est légèrement incurvée, de sorte que l'air glisse plus rapidement au-dessus de l'aile qu'en dessous.

En donnant un coup d'aile vers le bas, et en même temps vers l'arrière, l'oiseau produit une poussée qui lui permet de s'élever. Les grandes plumes (ou rémiges) qui garnissent l'aile, augmentent la force de celle-ci, et contribuent à propulser l'oiseau. Si le vent baisse, ces plumes se tordent et se recourbent, et elles agissent alors un peu comme des hélices.

► Comment les serpents avancent-ils ?

Les serpents progressent en accordéon, ou bien leur corps est traversé par des ondes. Certains utilisent aussi les écailles de leur ventre.

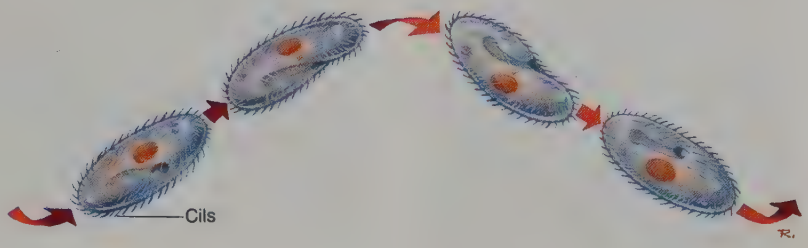
De nombreux serpents du désert se déplacent sur le côté (1). Sur un sol accidenté, la plupart des serpents progressent à l'aide des ondes de mouvements musculaires qui traversent leur corps. Les ondes « butent » contre les pierres ou les autres obstacles (2).

Si le sol est plus lisse, le serpent peut progresser en accordéon. Il replie son corps en une série d'« anneaux », puis appuyant solidement sa queue sur le sol, il lance sa tête en avant, et le corps suit... (3)

Certains serpents avancent en ligne droite. Des ondes passent le long de leur ventre. A leur passage, les grandes écailles qui couvrent celui-ci se dressent, puis s'abaissent (4).

▸ Et une paramécie ?

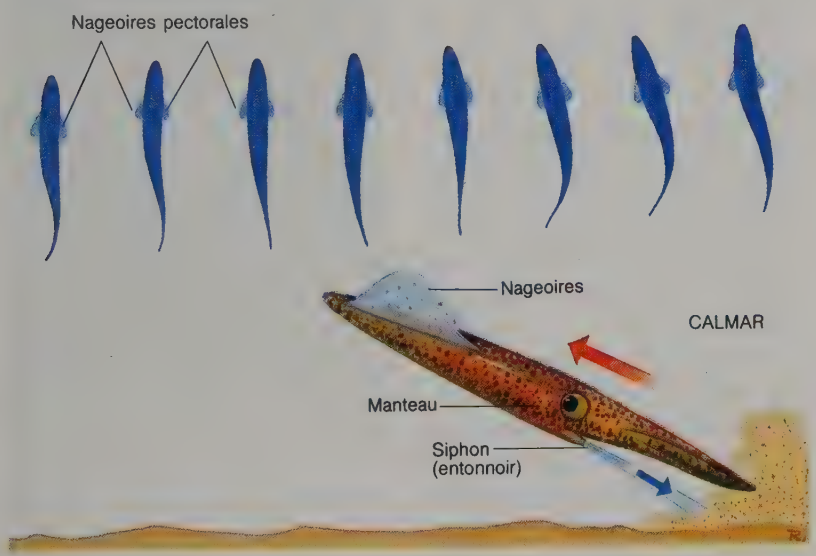
La paramécie nage dans l'eau en utilisant ses cils, sortes de petits poils, comme rames. Elle nage en tire-bouchon, et trouve son chemin en « tâtonnant ».



Le corps d'une paramécie est couvert de cils, disposés selon des bandes obliques. Elle nage en les agitant d'avant en arrière et vice versa. Chaque cil bat juste après le précédent, ce qui donne l'impression que des « vagues » traversent le petit animal.

Les rangées de poils étant obliques, la paramécie, en nageant, tourne sur elle-même. De plus, elle décrit une spirale à travers l'eau. Elle est capable d'abattre plus de 500 fois sa longueur (un tiers de millimètre) en une minute.

Si elle rencontre un obstacle, la paramécie recule, change légèrement de direction et essaie de passer. Elle continue ainsi jusqu'à ce qu'elle ait contourné l'obstacle.



▲ Comment un calmar nage-t-il ?

Le calmar nage « par réaction ». Il rejette de l'eau par un « entonnoir » et, ainsi, peut se déplacer à très grande vitesse.

Sur sa face ventrale, le calmar possède une vaste cavité, entourée d'une paroi musculaire, le « manteau ». Cette cavité s'ouvre du côté de la tête de l'animal : dans l'orifice se situe un conduit, l'entonnoir, ou siphon.

Par cet orifice, le calmar aspire de l'eau qui pénètre dans la cavité. Ensuite, le manteau s'applique contre l'entonnoir, obligeant l'eau à s'échapper par celui-ci. Le calmar est alors propulsé dans la direction opposée.

Le calmar dirige son siphon vers l'avant ou l'arrière, selon le sens où il veut aller. Ses deux nageoires lui servent de gouvernail.

Le calmar est capable de chasser l'eau avec une grande force, et donc de nager très vite. Il peut même, parfois, décoller de la surface de l'eau et « voler » !

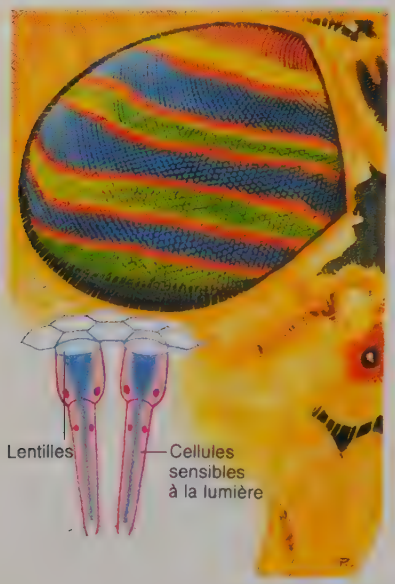
◂ Comment les poissons nagent-ils ?

Un poisson nage en contractant ses muscles tout au long de son corps. Ils exercent une pression contre l'eau, ce qui les fait avancer.

Quand un poisson nage, la contraction de ses muscles se propage par ondes, qui parcourent son corps de la tête à la queue. De plus, le poisson utilise sa queue pour se propulser avec plus de force vers l'avant.

Beaucoup de poissons se servent de leurs nageoires pectorales (les plus en avant) pour se diriger ou pour freiner. Mais les requins les emploient également, ainsi que leur queue, pour monter vers la surface. En effet, les requins n'ont pas de vessie natatoire, sorte de sac rempli d'air, qui permet aux autres poissons de se maintenir au niveau choisi.

Parfois le poisson n'utilise que ses nageoires pour se déplacer. L'étrange tétrodon nage ainsi à l'aide de ses nageoires pectorales et dorsales ; sa queue ne lui sert que de gouvernail.



◄ Comment est fait un œil d'insecte ?

L'œil d'un insecte est fait de milliers de petits éléments. L'« information » venue de chaque élément atteint le cerveau, ce qui donne une image.

L'œil de l'homme et des autres vertébrés ne possède qu'une lentille. Celui des insectes a de nombreuses lentilles. Plus exactement, c'est un œil composé, ou œil à facettes, comprenant plusieurs milliers d'éléments, chacun correspondant à une facette. La lumière passe par chacun des éléments pour atteindre les cellules sensibles à la lumière (ou cellules visuelles).

Les lentilles, situées à la surface de chaque élément, sont chacune orientées dans une direction un peu différente.

Quand l'insecte regarde un objet, une seule des facettes est exactement dirigée vers cet objet : seul, l'élément correspondant le voit en entier, les autres ne le voient qu'en partie. Au total, l'insecte voit donc l'objet sous plusieurs angles.

► Comment le chat voit-il dans l'obscurité ?

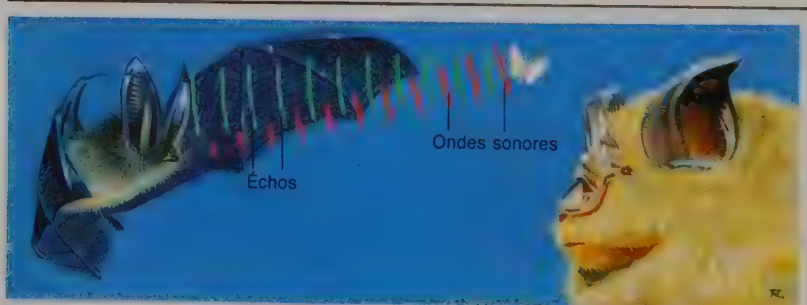
Le chat et les autres animaux qui chassent la nuit ont des yeux qui leur permettent de voir avec très peu de lumière.

Les yeux des mammifères possèdent, dans leur rétine, deux types de cellules visuelles, les unes terminées par un « cône », les autres, par un « bâtonnet ». Les secondes permettent de voir avec une faible lumière ; or, elles sont très nombreuses dans l'œil du chat.

La nuit, celui-ci a d'énormes pupilles rondes, qui laissent passer le plus de lumière possible. En plein jour, ses pupilles ne sont plus que des fentes étroites, verticales.

Les yeux du chat, on l'aura remarqué, sont grands : aussi peuvent-ils capter le plus de lumière possible.

Si on braque une lampe électrique vers un chat, ses yeux brillent. Parce que le fond de ceux-ci possède une couche de cellules qui renvoient la lumière passée à travers la rétine.

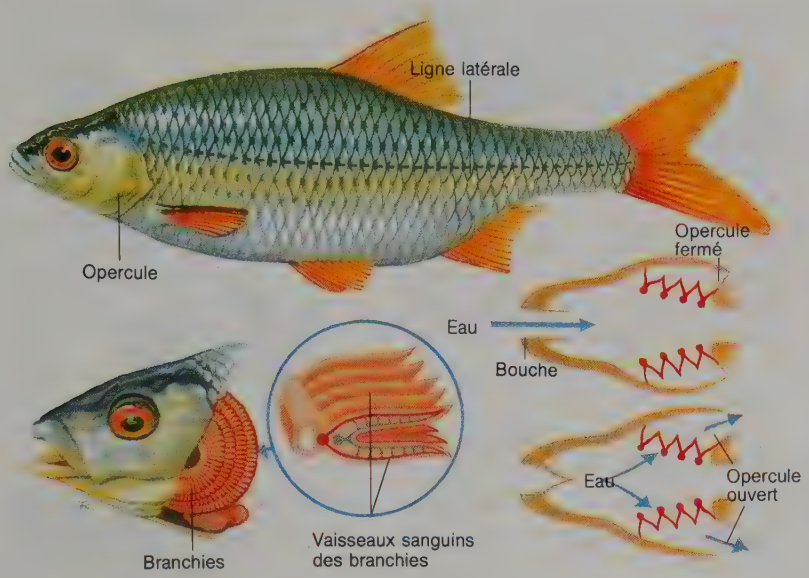


▲ Comment les chauves-souris s'orientent-elles ?

Ce n'est pas grâce à ses yeux qu'une chauve-souris peut voler de nuit, mais à l'aide de ses oreilles. Elle émet des sons qui frappent les obstacles, puis reviennent vers elle.

On appelle écholocation la méthode qui permet aux chauves-souris de voler la nuit. Écholocation, cela vient d'écho : c'est le principe du sonar (v. page 72). La chauve-souris émet des ultrasons, c'est-à-dire des sons que nous ne pouvons entendre.

La plupart des espèces, comme l'oreillard (à gauche), produisent ces sons par la bouche. D'autres, tel le grand rhinolophe fer à cheval (à droite), les émettent par le nez. Les échos qui reviennent des obstacles sont captés par les oreilles de la chauve-souris, extrêmement sensibles.



▲ Comment les poissons respirent-ils ?

Un poisson respire avec des branchies, qui captent l'oxygène de l'eau : celui-ci passe de l'eau aux vaisseaux sanguins contenus dans les branchies.

Les branchies d'un poisson, à l'aspect de feuillets, se situent dans deux « passages » qui conduisent du fond de la bouche à l'extérieur. Les orifices de ces passages sont protégés par des replis de peau, les opercules.

Quand le poisson ouvre la bouche, l'opercule est fermé : la bouche aspire alors l'eau. Lorsque le poisson ferme la bouche, l'opercule est ouvert et l'eau est chassée vers les branchies. Dans la bouche, des sortes de clapets empêchent l'eau de revenir en arrière.

Les branchies ont, au niveau de la peau, de nombreux vaisseaux sanguins. Quand l'eau les baigne, l'oxygène passe de l'eau au sang, et le gaz carbonique, du sang à l'eau.

◄ Comment les poissons peuvent-ils « voir » avec leurs flancs ?

Les poissons possèdent une ligne latérale, sorte de système sensoriel particulier. Elle semble les renseigner sur ce qui se passe dans l'eau, autour d'eux.

Sur les côtés d'un poisson, on aperçoit une série de petits trous, de pores : c'est la ligne latérale, composée d'un canal qui parcourt ses flancs et qui se raccorde à plusieurs canaux sillonnant la tête. A l'intérieur de chaque canal se trouvent de petits organes sensoriels, dont les cellules portent des cils. Généralement, les canaux s'ouvrent donc par des pores débouchant à l'extérieur du corps.

Il semble que ces organes soient sensibles à la pression de l'eau. Grâce à sa ligne latérale, le poisson est informé de la présence d'autres poissons près de lui ou même à une certaine distance. Cela l'aide à détecter proies ou ennemis. Grâce à elle encore, les poissons qui nagent en bandes restent plus facilement groupés.

► Pourquoi un cachalot peut-il rester longtemps sous l'eau ?

Un cachalot peut plonger — on dit « sonder » — jusqu'à plus de mille mètres de profondeur. Il reste alors plus d'une heure sous l'eau.

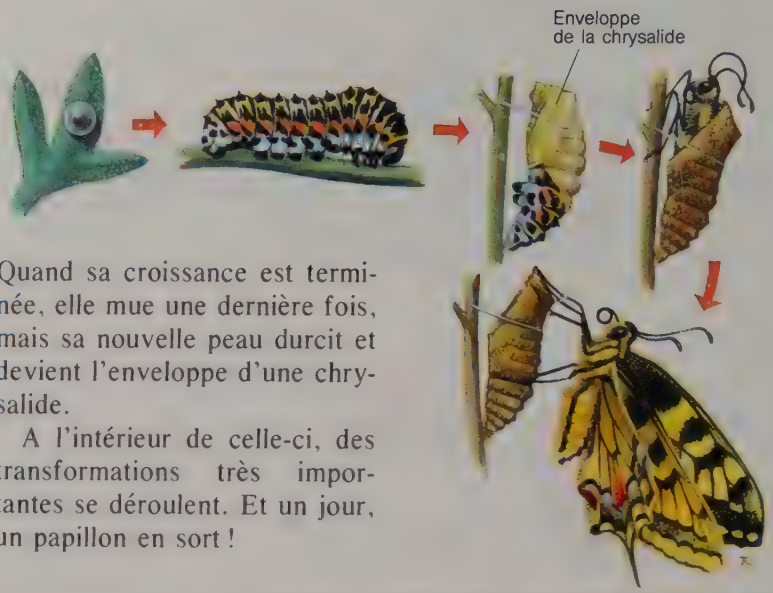
Entre deux plongées profondes, le cachalot passe environ dix minutes à la surface, et respire de 60 à 70 fois. A chaque respiration, il renouvelle environ les neuf dixièmes de l'air de ses poumons. (Nous autres, humains, ne renouvelons qu'un quart de cet air.) Ayant ainsi refait le « plein » d'oxygène, il sonde à nouveau.

Le cachalot et les autres cétacés sont merveilleusement adaptés à la plongée sous-marine. Le battement de leur cœur se ralentit alors, et leur sang parcourt seulement leurs organes essentiels, cœur et cerveau. Ces diverses capacités permettent aux cétacés d'économiser l'oxygène au cours de leurs plongées.

▸ Comment une chenille devient-elle papillon ?

Le papillon est aussi aérien que la chenille est rampante. Pourtant, le premier provient de la transformation de la seconde : cette métamorphose se fait par un stade intermédiaire, la chrysalide.

La vie d'une chenille se passe à manger et à grandir en changeant plusieurs fois de peau.



Quand sa croissance est terminée, elle mue une dernière fois, mais sa nouvelle peau durcit et devient l'enveloppe d'une chrysalide.

A l'intérieur de celle-ci, des transformations très importantes se déroulent. Et un jour, un papillon en sort !

◂ Comment un têtard se transforme-t-il en grenouille ?

Le têtard est la larve de la grenouille. Pour devenir grenouille, il doit développer des pattes et des poumons, et perdre sa queue.

Quand il sort de l'œuf, le têtard est un petit animal nageur et noir, muni d'une queue et d'une paire de branchies externes. Il n'a pas de bouche. Aussi vit-il sur les réserves alimentaires qu'il porte en lui.

Puis sa bouche s'ouvre : pourvue d'un bec corné et de petites dents, elle lui permet de se nourrir de plantes. Ensuite, les branchies externes sont remplacées par des branchies internes.

Au bout de trois mois, la métamorphose commence. Le têtard perd ses branchies internes, tandis qu'apparaissent ses poumons. Les pattes de derrière lui poussent, puis celles de devant. Sa queue se réduit et finit par disparaître. Le têtard est devenu une grenouille.

▸ Comment un poussin sort-il de l'œuf ?

Le jeune oiseau doit, en général, casser lui-même la coquille de l'œuf. Il le fait grâce à son « diamant », sorte de dent dont est muni son bec, et à un muscle de son cou.

Lorsqu'il est prêt à éclore, le poussin commence à piailler. Peu après, il se met à gratter, avec son diamant, la coquille. Ensuite, grâce à un muscle puissant développé pour l'occasion dans son cou, il la brise et en sort. Diamant et muscle disparaissent alors.

Chez beaucoup d'oiseaux, le poussin nouveau-né est nu, aveugle, sans défense : il peut seulement ouvrir le bec pour recevoir la becquée. De tels poussins sont dits nidicoles (« qui restent au nid »).

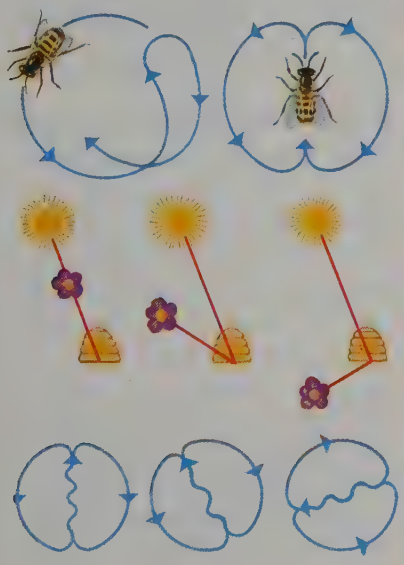
Au contraire, les jeunes gallinacés, oiseaux d'eau, etc., sont nidifuges (« qui fuient le nid »). Ils éclosent emplumés et, très vite, courent ou même nagent et plongent avec aisance.

► Comment un chameau conserve-t-il l'eau ?

Le chameau est adapté à la vie dans le désert. Il économise le plus d'eau possible, mais il peut en perdre sans grand mal.

Comme tous les mammifères, le chameau, qu'il soit à une ou deux bosses, possède de l'eau dans son corps. Mais il peut en perdre jusqu'à 22 pour 100 sans mal, tandis qu'un homme qui en a perdu 12 pour 100 est presque sûrement condamné à mourir. En effet, le chameau perd l'eau de ses cellules et non pas, ou à peine, celle de son sang.

Les bosses du chameau contiennent de la graisse, qui est une source d'énergie. La température corporelle du chameau peut varier. Il ne sue pas beaucoup et urine peu. Ainsi il économise l'eau et peut survivre 3 jours sans boire en plein désert. Le dromadaire, chameau à une seule bosse, peut même rester 6 jours sans boire.



▲ Pourquoi les abeilles dansent-elles ?

Lorsqu'une abeille a trouvé du nectar, sa nourriture habituelle, elle retourne à la ruche et effectue une danse « frétillante ». Celle-ci indique aux autres abeilles qu'il y a du nectar dans les environs et où il se trouve.

L'abeille danse à la surface de l'un des rayons verticaux de la ruche. Les autres se rassemblent autour d'elle. Si le nectar se trouve à moins de 100 mètres de la ruche, l'abeille ne fait qu'une danse en rond (en haut à gauche). Les autres abeilles partent alors dans n'importe quelle direction, pour trouver le nectar.

Si celui-ci est plus éloigné, l'abeille effectue une danse plus compliquée, en 8 (en haut à droite). L'angle entre le parcours rectiligne de cette danse (la barre du 8) et la verticale correspond à l'angle entre la direction du soleil et la direction de la fleur où se trouve le nectar (voir les dessins).

◄ Comment les abeilles font-elles le miel ?

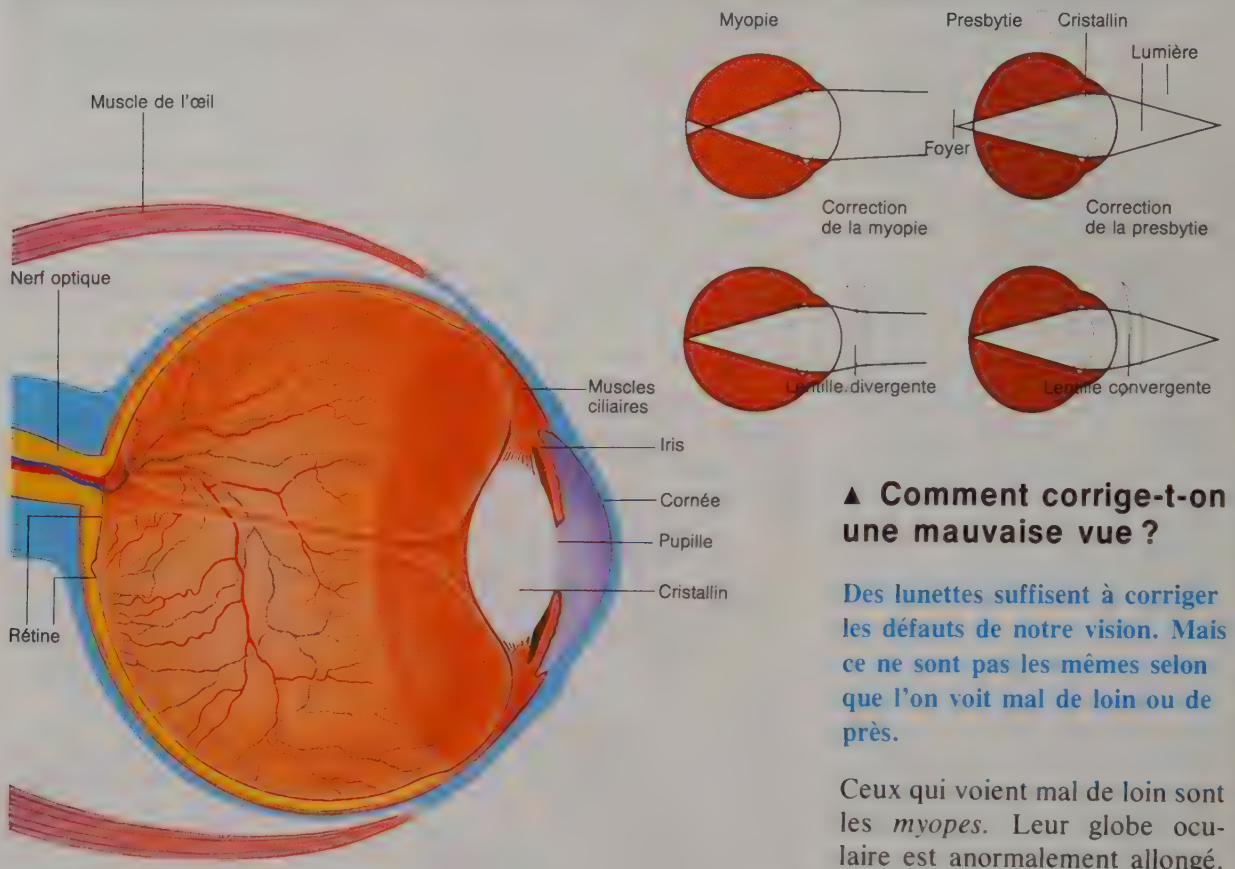
Les abeilles récoltent nectar et pollen pour se nourrir. Elles transforment une partie du nectar en miel grâce à leur salive.

Un nid d'abeilles est fait de plusieurs rayons de cire verticaux, qu'elles ont construits elles-mêmes. Sur chaque face des rayons se situent des centaines d'alvéoles, sortes de logettes à six côtés. Dans certains sont élevées les larves ; d'autres reçoivent la nourriture.

L'abeille aspire le nectar des fleurs à l'aide de sa trompe. Une fois rassasiée, elle en stocke dans une sorte d'estomac et va le déposer à la ruche, dans les alvéoles. L'abeille récolte aussi du pollen, qu'elle rapporte dans des « sacs à pollen », cercles de poils situés sur ses pattes arrière.

Le miel provient du nectar : l'abeille fait rouler sur sa langue des gouttelettes de nectar et le transforme ainsi en miel. Il sert à nourrir les larves et, durant l'hiver, les adultes.

Découvrons notre corps



▲ Comment voyons-nous ?

Notre œil est un globe creux rempli de liquide. Sur le devant, il est percé d'un trou rond par où pénètre la lumière. Celle-ci projette des images sur une membrane pourvue de cellules nerveuses. Et ces cellules transmettent ce qu'elles enregistrent au cerveau.

L'orifice par où pénètre la lumière s'appelle la pupille. Il est situé au milieu d'un cercle coloré, l'iris. L'ouverture de la pupille est contrôlée automatiquement par les muscles de l'iris. Elle se rétrécit ou s'élargit selon que la lumière est forte ou faible.

L'image lumineuse qui pénètre par la pupille traverse d'abord une lentille transparente, le cristallin. Puis, de l'autre côté du globe oculaire, elle atteint une membrane appelée rétine. Cette membrane comprend des terminaisons nerveuses qui sont reliées au cerveau. Celui-ci est ainsi renseigné sur les images captées par nos yeux. Il les enregistre et les interprète : nous voyons.

▲ Comment corrige-t-on une mauvaise vue ?

Des lunettes suffisent à corriger les défauts de notre vision. Mais ce ne sont pas les mêmes selon que l'on voit mal de loin ou de près.

Ceux qui voient mal de loin sont les *myopes*. Leur globe oculaire est anormalement allongé. Aussi, l'image lumineuse que projettent les objets lointains se forme-t-elle en avant de la rétine. Pour corriger cela, les myopes portent des verres dont les deux faces se courbent légèrement vers l'intérieur. Ces verres empêchent ainsi les rayons lumineux de se concentrer trop tôt.

Pour ceux qui voient mal de près *(presbytes)*, c'est le contraire. Leur globe oculaire est légèrement aplati. L'image lumineuse se forme alors en arrière de la rétine. Ils doivent porter des verres bombés des deux côtés. Ces verres concentrent plus rapidement les rayons lumineux. Et ceux-ci atteignent la rétine normalement.

▲ Comment entendons-nous ?

Les ondes sonores pénètrent dans nos oreilles. Elles y sont alors transformées en impulsions nerveuses par des cellules spécialisées. Et ces impulsions vont au cerveau.

Les ondes sonores font vibrer le tympan, une fine membrane située au fond de l'oreille. Ces vibrations se communiquent à trois os minuscules appelés marteau, enclume et étrier. Puis elles passent dans un mince tuyau rempli de liquide et enroulé en spirale, le limaçon, où elles sont recueillies par des cellules nerveuses. Ces cellules les « traduisent » en impulsions nerveuses pour notre cerveau. Celui-ci déchiffre ce message et en fournit une interprétation détaillée. Ainsi, nous pouvons différencier les sons graves des sons aigus.

◄ Comment trouvons-nous notre équilibre ?

Les organes de l'équilibre sont situés dans la partie la plus profonde de l'oreille. Ils réagissent aux mouvements de notre tête. Or, c'est d'après les attitudes et la vitesse de déplacement de notre tête que le cerveau peut contrôler notre équilibre.

Dans l'oreille interne se trouvent deux poches et trois canaux semi-circulaires. Les poches sont remplies d'un liquide qui renferme des sortes de cailloux microscopiques. Quand notre tête change de position, les cailloux se déplacent. Ce qui est enregistré par des cellules nerveuses qui alertent le cerveau.

Les canaux semi-circulaires fonctionnent selon un système équivalent. Le déplacement du liquide qu'ils contiennent fait réagir des terminaisons nerveuses. Et celles-ci enregistrent la vitesse et la direction de ce déplacement.

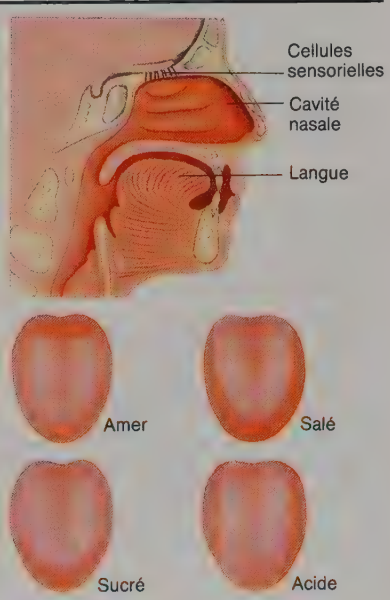
► Comment pouvons-nous goûter et sentir ?

La bouche et le nez sont garnis de cellules nerveuses particulières. Ces cellules réagissent au contact de certaines substances chimiques. Et ces réactions sont transmises au cerveau sous forme de sensations : des goûts et des odeurs.

Notre langue est recouverte de creux et de bosses minuscules, les papilles. Celles-ci sont tapissées par des amas de cellules gustatives. Ce sont des cellules qui réagissent au contact de certaines substances contenues dans les aliments.

Nous sommes ainsi capables de sentir quatre types de goûts. L'amer est enregistré par le dos de la langue, l'acide sur les côtés, le sucré vers l'avant et le salé par l'ensemble de la langue, mais surtout à la pointe.

Les cellules de l'odorat sont situées à l'intérieur du nez. Elles sont stimulées par certaines molécules chimiques contenues dans l'air. Elles sont ainsi capables d'enregistrer et de transmettre au cerveau plus de 10 000 odeurs différentes.



▲ Comment digérons-nous les aliments ?

La digestion commence dans la bouche et se poursuit dans l'estomac et les intestins. Elle permet à notre corps de conserver la partie utile des aliments et de rejeter le reste.

Les aliments ne peuvent pénétrer directement dans notre corps. Ils doivent d'abord être décomposés en substances chimiques simples, distribuées ensuite dans les parties du corps qui en ont besoin. Celles qui ne servent à rien sont rejetées.

Tout commence dans la bouche. Les aliments y sont broyés par les dents et mélangés à la salive qui commence à les transformer. Ils passent ensuite dans l'estomac, où ils sont brassés et où la transformation chimique continue. Puis ils arrivent dans l'intestin. Une partie passe alors dans le sang ; l'autre, qui ne peut pas être digérée, est rejetée sous forme d'excréments.

◄ A quoi sert le foie ?

Le foie est une glande, la plus grosse de notre corps. Il contrôle toutes sortes de substances absorbées lors de la digestion. Il filtre ou élimine celles qui pourraient être dangereuses. Et il participe à l'assimilation des autres. Son rôle est indispensable.

Notre foie est une sorte de laboratoire aux multiples activités. Il utilise certaines substances pour en fabriquer d'autres. C'est ainsi, par exemple, qu'il produit du sucre pour alimenter nos cellules en énergie. Les éléments qui permettent au sang de coaguler proviennent également du foie.

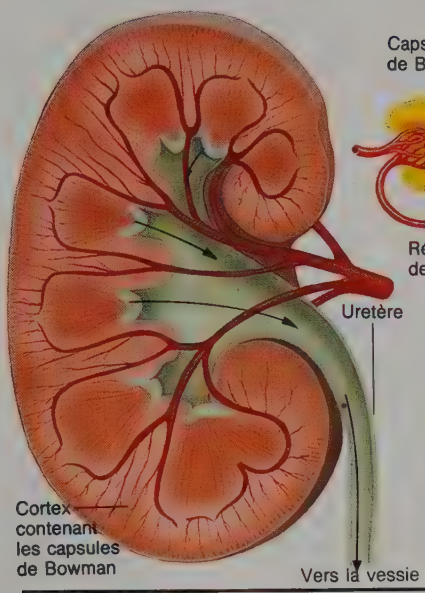
C'est en outre un « centre anti-poison » très efficace. Il filtre l'alcool. Et grâce à lui, bien des déchets dangereux sont rendus inoffensifs ou éliminés. Il joue notamment ce rôle avec certains médicaments : il les transforme pour qu'ils puissent agir sans effets nuisibles.

Enfin le foie a aussi pour fonction importante de produire la bile. Or, ce liquide jaune est indispensable à la digestion. Car, sans lui, nous ne pourrions assimiler les graisses.

► Qu'est-ce qu'un stéthoscope ?

Grâce au stéthoscope, on peut entendre ce qui se passe à l'intérieur de notre corps. Cet appareil a été inventé en 1815 par Laënnec.

Un stéthoscope comprend un cône ou un disque creux relié par un tuyau à deux écouteurs. On place le cône ou le disque à la surface du corps. Il capte les sons que le tuyau conduit jusqu'aux écouteurs. Cet appareil très simple, permet d'écouter les battements du cœur ou la respiration des poumons. Il est indispensable pour dépister certaines maladies.



▲ Comment fonctionnent les reins ?

Le sang se débarrasse de certaines substances. Qui parviennent aux reins. Et ceux-ci les filtrent pour en évacuer les déchets par la vessie.

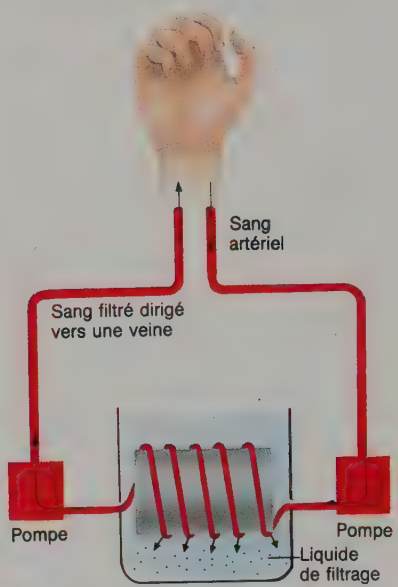
Un rein comprend environ deux millions d'appareils de filtrage microscopiques, les capsules de Bowman. Ces appareils recueillent l'eau et les substances dissoutes qui proviennent du sang. Après avoir été purifié, plus de 80 pour 100 de cette eau retourne dans le sang. C'est également le cas pour les substances qui peuvent être réutilisées. Les déchets qui restent forment l'urine. Ils passent dans la vessie pour être évacués.

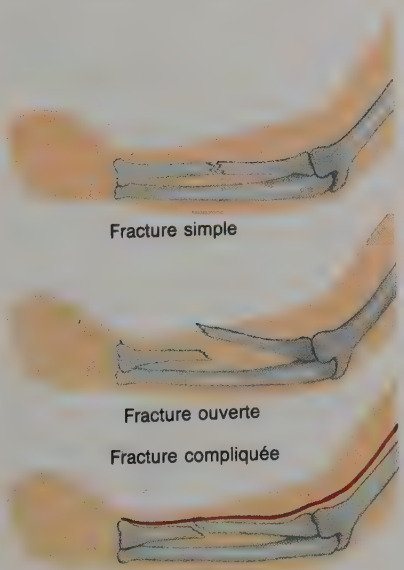
► Qu'est-ce qu'un rein artificiel ?

Certaines personnes ont les reins qui fonctionnent mal. Et des déchets s'accumulent dans le sang, ce qui est dangereux. On utilise alors une machine spécialement fabriquée pour remplacer les reins dans leur travail de filtrage. C'est ce qu'on appelle un rein artificiel.

Le malade est relié au rein artificiel par deux tuyaux. Le premier sert à pomper son sang. Le second remet en circulation dans son corps le sang purifié par la machine.

Dans la machine, le sang circule entre deux membranes très fines et semi-perméables. Sur ces membranes s'écoule un liquide dont la composition est proche de celle du sang normal. Ces membranes jouent le rôle d'un filtre, exactement comme le ferait un rein. Le sang est ainsi purifié. Il est ensuite réchauffé avant d'être réintroduit dans le corps du malade.





◄ Comment se répare un os brisé ?

Un os brisé produit lui-même la matière qui lui permet de se ressouder. Il est ainsi capable de se réparer tout seul. Il faut simplement l'immobiliser pour qu'il se reforme dans de bonnes conditions.

La rupture d'un os s'appelle une fracture. Il y en a de plusieurs sortes. Dans une fracture simple, les deux parties séparées conservent leur position normale dans le prolongement l'une de l'autre. Mais il arrive aussi que les deux parties se trouvent déplacées. Et puis il y a le cas où l'os brisé transperce les muscles et la peau qui l'entourent. C'est une fracture ouverte.

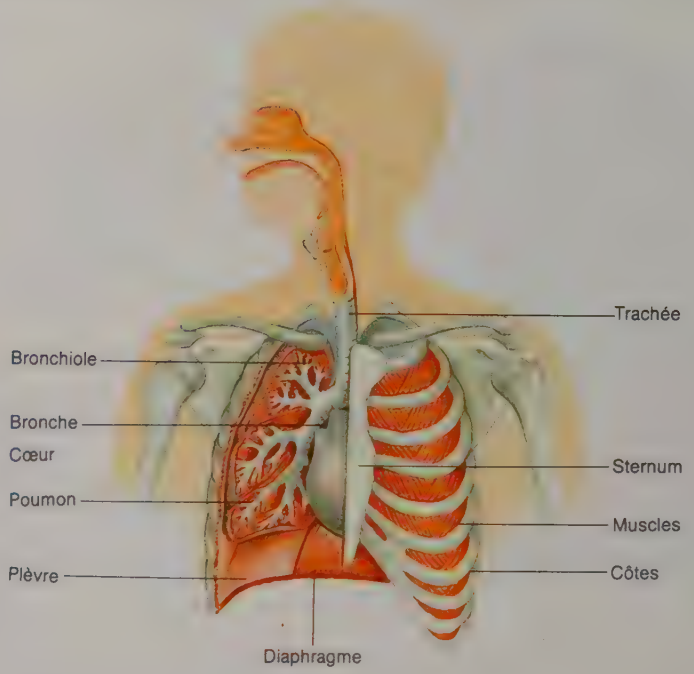
Dès le moment de la fracture, les petits vaisseaux sanguins de l'os commencent à se cicatriser. L'espace qui sépare les deux parties rompues se remplit ensuite d'une matière fibreuse. Puis cette matière durcit progressivement : c'est le cal. Et grâce à ce cal, l'os se trouve bientôt réparé.

► Comment respirons-nous ?

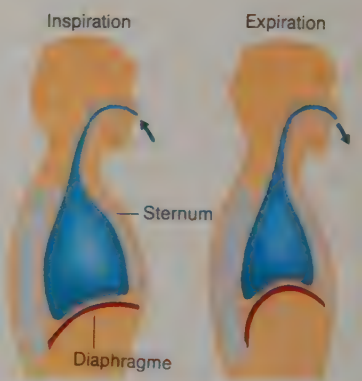
Les poumons fonctionnent comme un soufflet. Ils se gonflent pour aspirer de l'air riche en oxygène. Puis ils se contractent pour expulser le gaz carbonique évacué par les cellules et le sang.

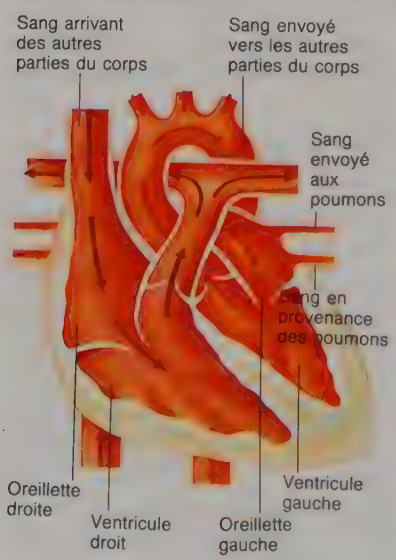
Les poumons sont des organes élastiques. C'est pourquoi ils peuvent augmenter ou diminuer de volume au rythme de la respiration. Ils augmentent de volume pour se remplir d'air (inspiration). Ils diminuent de volume pour se vider (expiration).

Ces mouvements sont commandés principalement par le diaphragme. C'est un muscle mince qui forme une couche membraneuse située en dessous des poumons. Quand le diaphragme se contracte, il rétrécit. Il laisse alors davantage de place aux poumons. Et ceux-ci se gonflent. Puis le diaphragme se relâche en poussant vers le haut. Les poumons se trouvent ainsi comprimés. Et ils expulsent l'air qu'ils contiennent.



Quand nous inspirons, l'air pénètre par la bouche et le nez. Puis il passe par la trachée qui le conduit aux poumons. De là, une partie de l'oxygène qui compose l'air passe dans le sang. En sens contraire, le sang ramène le gaz carbonique évacué par les cellules vers les poumons. Et ceux-ci l'expulsent par la trachée, le nez et la bouche au moment de l'expiration.





◄ Comment fonctionne le cœur ?

Le cœur est un muscle creux qui comprend deux parties. C'est une sorte de pompe ou de moteur qui commande la circulation du sang.

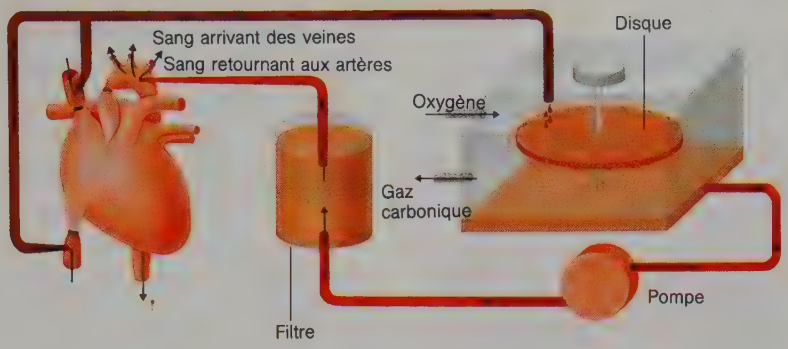
Chacune des deux parties du cœur se divise en deux cavités : une oreillette et un ventricule. L'oreillette droite reçoit le sang « sale » chargé de gaz carbonique évacué par les cellules de notre corps. Elle se contracte pour l'envoyer dans le ventricule droit. Et celui-ci se contracte à son tour pour l'expulser vers les poumons.

Dans le même temps, l'oreillette gauche reçoit le sang « propre » riche en oxygène qui provient des poumons. Elle l'expulse dans le ventricule gauche. Et celui-ci l'envoie au reste du corps.

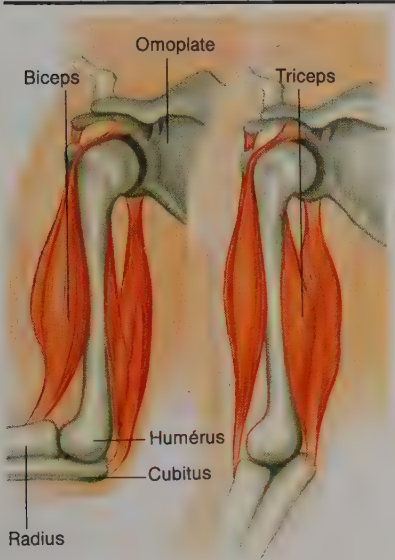
Les oreillettes et les ventricules se contractent donc les uns après les autres. C'est pourquoi chaque battement de cœur se décompose en deux sons successifs : une sorte de « toum-tac » caractéristique.

▸ Qu'est-ce qu'un cœur-poumon ?

C'est un appareil qui peut remplacer provisoirement le cœur et les poumons d'une personne. Il est utilisé par les chirurgiens pour certaines opérations du cœur.



Pendant certaines opérations importantes du cœur, celui-ci ne peut plus faire son travail : il cesse de pomper le sang. C'est également le cas des poumons qui s'arrêtent de fonctionner. Il faut donc remplacer ces organes pendant la durée de l'opération. Les principaux vaisseaux sanguins du malade sont alors reliés au cœur-poumon. Une pompe y remplace le cœur, et le sang passe dans un circuit où il est réapprovisionné en oxygène. Et en même temps, il est débarrassé de son gaz carbonique.



◂ Comment travaillent les muscles ?

Les muscles ne sont capables d'accomplir qu'une seule tâche : se contracter. En se contractant, ils tirent. Deux muscles sont donc nécessaires pour obtenir un mouvement de va-et-vient : un muscle pour tirer dans un sens, et un muscle pour tirer dans l'autre.

A chaque muscle qui effectue un mouvement, correspond un autre muscle qui effectue le mouvement contraire. Par exemple, pour plier le bras, notre biceps se contracte et tire sur l'avant-bras. Pour tendre ensuite le bras, il faut d'abord que le biceps se relâche. Mais cela ne suffit pas. Un autre muscle doit en effet se contracter à son tour : le triceps, qui est situé derrière le bras.

Pour d'autres mouvements plus compliqués, ce sont des groupes de plusieurs muscles qui doivent ainsi entrer en action dans chaque sens.

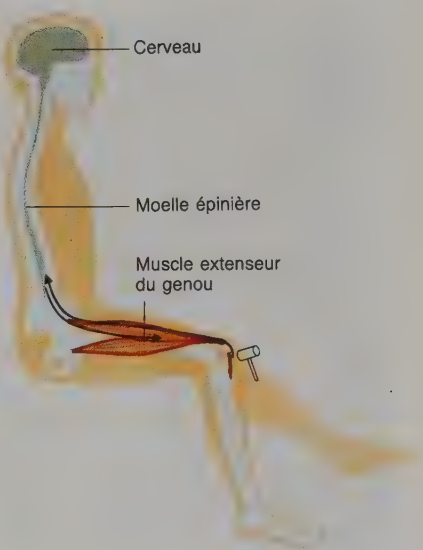
▸ Comment se déclenche le réflexe du genou ?

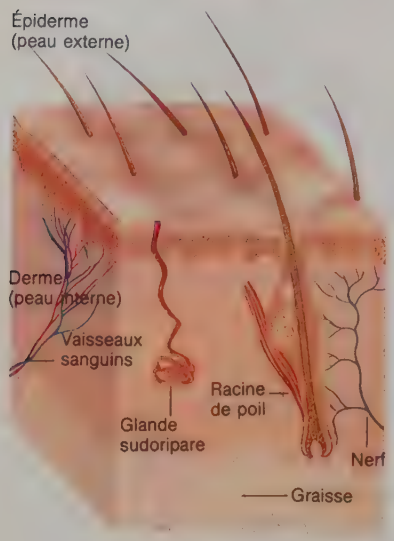
Si l'on nous frappe juste au-dessous du genou, le bas de notre jambe se tend brusquement. Nous ne pouvons l'empêcher. C'est un réflexe indépendant de notre volonté.

Le muscle qui nous permet de tendre la jambe s'appelle le quadriceps. Il est sur le dessus de la cuisse. Vers le bas, il est maintenu par un tendon qui se rattache sous le genou.

Si l'on frappe ce tendon, le coup atteint le nerf qui s'y trouve. On provoque ainsi une impulsion nerveuse.

Une partie de cette impulsion remonte jusqu'au cerveau par l'intermédiaire de la moelle épinière. Mais le cerveau se contente d'« enregistrer » le coup. Ce n'est pas lui qui fait bouger notre genou. Car une autre partie de l'impulsion nerveuse se communique directement au nerf moteur du quadriceps. Et ce muscle réagit aussitôt en se contractant : notre jambe se tend automatiquement.





◂ A quoi sert la peau ?

La peau est une enveloppe souple et imperméable. Elle protège notre corps. C'est aussi l'organe du toucher.

La peau est comme un vêtement bien ajusté : elle nous couvre sans gêner nos mouvements. C'est une barrière efficace contre toutes sortes de dangers extérieurs. Elle amortit les coups et s'oppose à la pénétration des microbes. Et puis, elle nous protège du froid comme de la chaleur : grâce à elle, la température intérieure de notre corps demeure toujours à peu près la même.

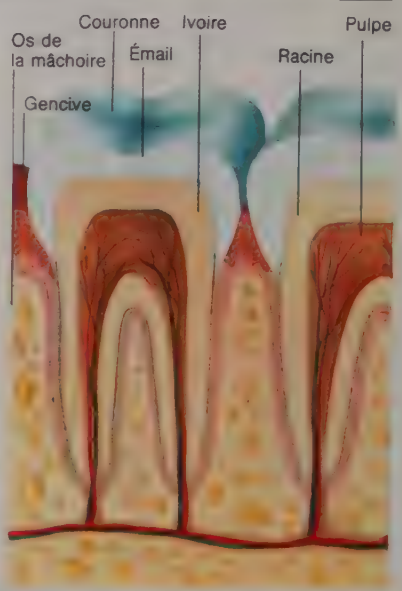
La peau est aussi l'organe du toucher. Elle contient de multiples terminaisons nerveuses, les corpuscules tactiles. Au contact d'un objet, ces corpuscules enregistrent et transmettent à notre cerveau divers renseignements : forme, température...

Enfin, la peau nous permet d'éliminer certains déchets par la sueur. Son évaporation contribue en outre à nous rafraîchir quand nous avons trop chaud.

▸ De quoi sont faites les dents ?

Une dent comprend principalement une couronne et une ou plusieurs racines. La couronne est la partie visible, celle qui apparaît au-dessus de la gencive. Les racines sont implantées dans l'os de la mâchoire.

La couronne est recouverte par une couche protectrice très résistante, l'émail. Sous l'émail se trouve une couche un peu moins dure, l'ivoire. Sa composition est assez proche de celle des os. Cet ivoire se prolonge dans les racines où il est recouvert par le cément. Le centre de la couronne et de la racine est occupé par la pulpe. C'est une matière molle. Elle est traversée par des petits vaisseaux sanguins et par des nerfs. En dépit de sa dureté, l'émail peut être attaqué par la décomposition de débris alimentaires. Les nerfs de la pulpe finissent alors par se trouver à vif. Et la dent atteinte nous fait souffrir.

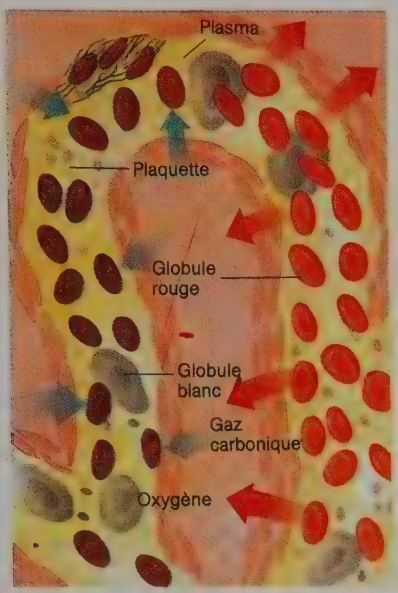


◂ A quoi servent nos différentes dents ?

Nos dents sont de trois sortes. Les incisives sont coupantes ; les canines, pointues ; les molaires et les prémolaires, broyantes. Les prémolaires ne poussent qu'à partir de neuf ans. Les jeunes enfants ont donc moins de dents que leurs aînés.

Les enfants ont vingt dents et les adultes trente-deux. Sur le devant de chaque mâchoire, se trouvent les incisives. Elles sont tranchantes et servent à découper la nourriture. En arrière, il y a deux canines pointues. Elles peuvent déchirer les morceaux les plus résistants.

Au fond de la mâchoire sont plantées les molaires (et les prémolaires chez les adultes). Leur couronne est large et formée de plusieurs bosses. Elles écrasent les aliments pour faciliter leur passage dans le tube digestif.



◂ Que fait le sang ?

Le sang est un liquide qui circule dans notre corps. Il y entretient la vie. Il approvisionne nos cellules en oxygène. Et il les débarrasse de leur gaz carbonique. Il participe à l'entretien et au bon fonctionnement de nos organes.

Le sang est composé de cellules qui se déplacent dans un liquide. Ce liquide est de couleur jaune. C'est le plasma. Il contient principalement de l'eau (90 %). Mais il contient aussi des substances alimentaires et des déchets éliminés par nos organes.

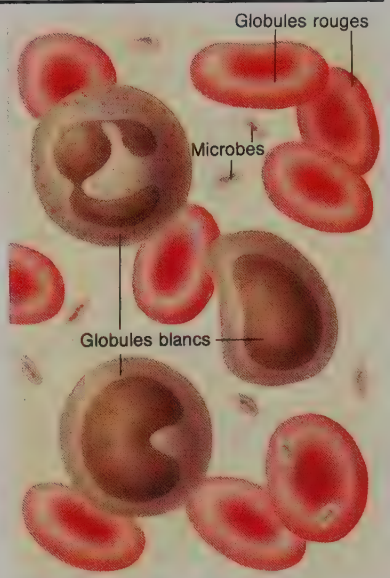
Les cellules du sang sont de trois sortes : les globules blancs, les globules rouges et les plaquettes. Les globules blancs nous défendent contre la maladie : ils détruisent les microbes. Les globules rouges assurent le transport de l'oxygène et l'évacuation du gaz carbonique. Les plaquettes participent à la coagulation du sang.

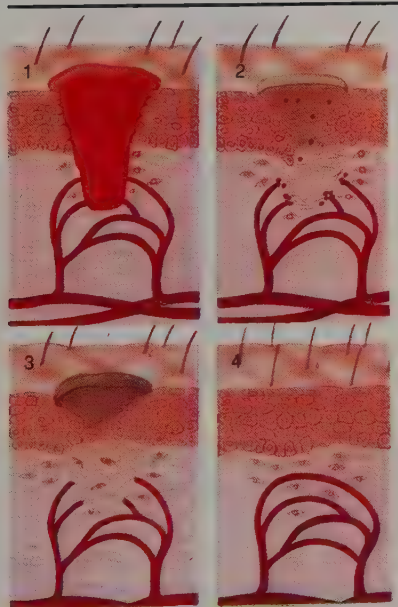
▸ Comment le sang peut-il combattre la maladie ?

Le sang est partout présent dans notre corps. Or, les globules blancs qu'il contient participent activement à la lutte contre la maladie. Ils détruisent les microbes ou produisent des contre-poisons qui s'opposent à leur action.

Il y a environ 7 000 globules blancs dans un millimètre cube de sang. C'est peu par rapport au nombre des globules rouges (5 millions) et des plaquettes (200 000).

Les globules blancs sont pourtant très importants, car ils contribuent à nous maintenir en bonne santé. D'abord, ils détruisent les cellules mortes ou malades. Et puis ils nous défendent contre les infections microbiennes. Certains globules blancs s'attaquent directement aux microbes : ils les dévorent. D'autres produisent contre eux des substances qui les empêchent de nuire.





◂ Qu'est-ce que la cicatrisation ?

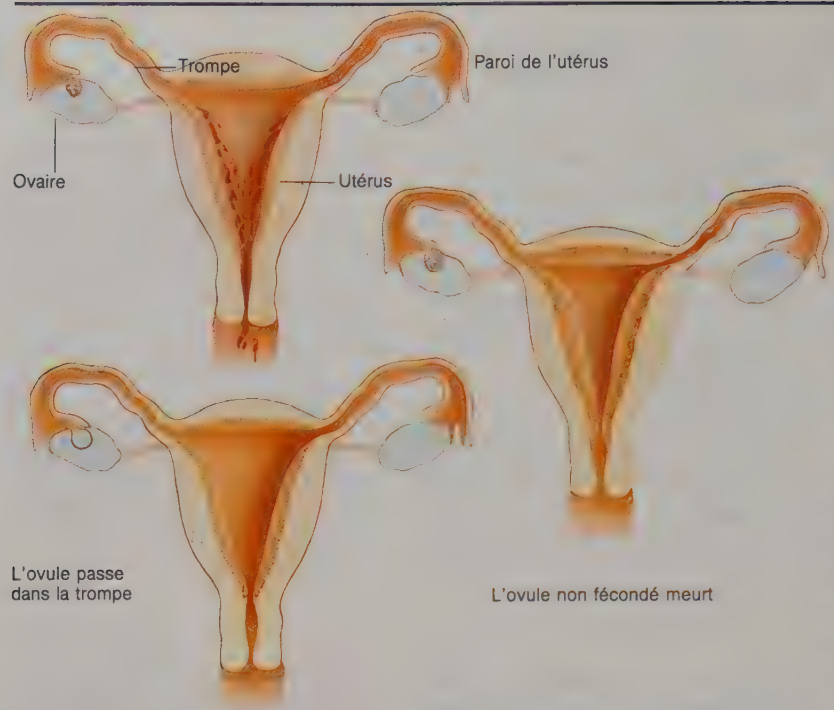
La moindre blessure peut laisser pénétrer de dangereux microbes. Il faut donc qu'elle se referme le plus rapidement possible. C'est le rôle de la cicatrisation.

Quand nous nous blessons, le sang coagule rapidement. Il produit des sortes de filaments qui s'accumulent dans la plaie. Ces filaments se dessèchent et forment bientôt une croûte dure. La partie endommagée se trouve ainsi bouchée (1).

Les microbes ne peuvent plus passer. Et ceux qui auraient déjà réussi à pénétrer, sont attaqués par certains éléments contenus dans le sang (2).

A l'abri de cette double protection, de nouvelles cellules commencent à se multiplier (2). Elles remplissent peu à peu le vide laissé par la blessure (3).

Finalement, la croûte tombe (4). A sa place, apparaît une nouvelle peau, légèrement différente de celle qui l'entoure : c'est la cicatrice.



▲ Qu'est-ce que le cycle menstruel ?

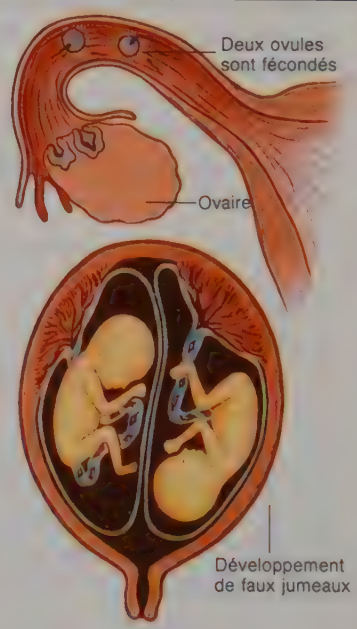
Certaines transformations surviennent périodiquement dans les organes sexuels de la femme. Ces transformations durent environ quatre semaines. C'est le cycle menstruel.

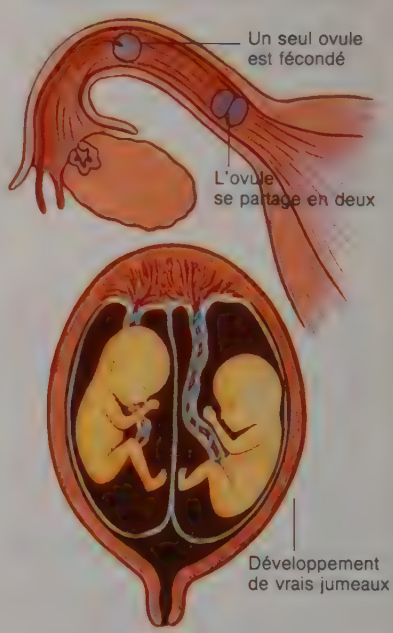
Les organes sexuels sont ceux qui permettent de fabriquer un bébé. Ils sont différents chez l'homme et chez la femme. Ceux de la femme sont situés à l'intérieur du ventre. Ils comprennent principalement deux *ovaires* reliés chacun par une sorte de mince tuyau *(trompe)* à une poche musclée, l'*utérus*. Les ovaires contiennent des œufs microscopiques appelés *ovules*.

Au début du cycle menstruel, un ovule commence à grossir dans l'un des deux ovaires. Puis au bout d'environ deux semaines, il s'en échappe. Il passe alors dans la trompe où il demeure plusieurs jours. C'est là qu'il peut être fécondé. S'il ne l'est pas, il finit par mourir. Une quinzaine de jours plus tard, il est alors évacué vers l'extérieur par l'utérus avec un peu de sang. C'est le moment des règles et la fin du cycle. Un autre ovule sera bientôt libéré.

► Pourquoi y a-t-il des jumeaux ?

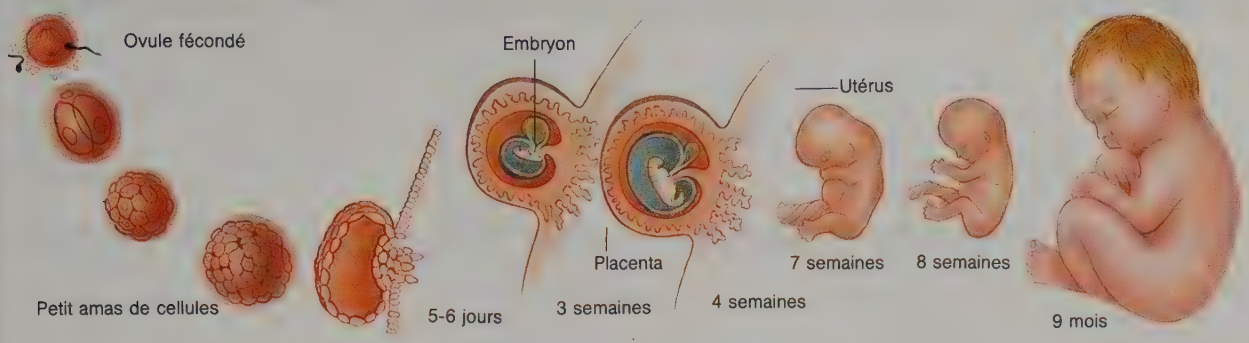
Les jumeaux sont deux bébés qui se forment en même temps dans le ventre de leur mère. Certains se développent à partir d'un seul ovule. Ce sont les vrais jumeaux. D'autres sont dus à la fécondation de deux ovules. On les appelle de faux jumeaux.





Il arrive qu'un ovule se partage en deux aussitôt après avoir été fécondé. Il en résulte deux embryons indépendants. Mais ces embryons vont se développer côte à côte de façon absolument identique. Ils aboutiront à la naissance de vrais jumeaux. Les vrais jumeaux sont toujours du même sexe. Et leur ressemblance est étonnante.

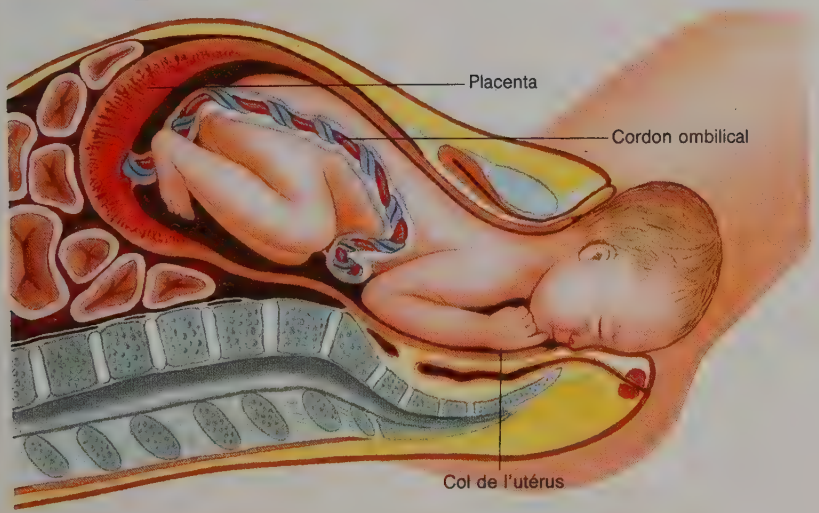
Les faux jumeaux proviennent de deux ovules différents fécondés l'un après l'autre. Ils se développent séparément. Ils ne sont pas forcément du même sexe. Et ils ne se ressemblent pas plus que des frères ou des sœurs qui ne sont pas des jumeaux.



▲ Comment se fait un bébé ?

Il faut d'abord l'union sexuelle d'un homme et d'une femme. La femme produit un ovule. Cet ovule est fécondé par un spermatozoïde de l'homme. Il commence alors à se développer dans le ventre de la mère. Et neuf mois plus tard, c'est un bébé prêt à naître.

L'ovule fécondé se transforme en un petit amas de cellules. Celles-ci se multiplient rapidement. Elles deviennent bientôt un embryon. Cet embryon va se fixer dans la paroi de l'utérus où il continue de se développer. A six semaines, il est déjà pourvu d'organes importants comme le cœur et le cerveau. Au bout de huit semaines, c'est un fœtus. Sa croissance se poursuit. A la fin du neuvième mois, il est entièrement formé : le moment de la naissance est arrivé.



▲ Comment un bébé vient-il au monde ?

Un bébé met neuf mois à se former dans le ventre de sa mère. A la fin de ces neuf mois, il est expulsé vers l'extérieur. C'est l'accouchement.

L'utérus est une poche musculaire. C'est là que se développe le bébé dans le ventre de sa mère. Au bout de neuf mois, les parois de l'utérus commencent à se contracter par à-coups. Ces contractions sont douloureuses. Et la mère sait alors que le moment d'accoucher est arrivé. Les contractions deviennent de plus en plus rapprochées. Elles poussent le bébé vers l'ouverture de l'utérus. La tête apparaît la première. Et bientôt, tout le corps est expulsé : le bébé vient de naître.

On coupe le cordon ombilical qui le relie encore à sa mère. C'est la cicatrice de cette coupure qui forme le nombril.

◄ Qu'est-ce qu'un « bébé éprouvette » ?

Un « bébé éprouvette » se développe comme tous les autres dans le ventre de sa mère — et non dans une éprouvette ! Mais il provient d'un ovule qui a été fécondé en laboratoire, puis réintroduit dans l'utérus de la mère.

Il arrive que les organes sexuels d'un homme ou ceux d'une femme soient mal formés. Et cela empêche parfois la fécondation normale des ovules par les spermatozoïdes.

Dans ce cas, les médecins peuvent prélever l'un des ovules de la femme. Dans un laboratoire, ils le mettent en contact avec des spermatozoïdes prélevés sur l'homme. L'ovule ainsi fécondé se transforme bientôt en un petit amas de cellules. Ce début d'embryon est alors introduit dans l'utérus de la femme. Et, neuf mois plus tard, naîtra un bébé semblable aux autres.

Index

Les chiffres en *italique* renvoient aux illustrations.

A
Abeille 109, *109*
Accélérateur de particules 65
Accouchement 119, *119*
Accumulateur v. Batterie
Acétylène 22
Acide 47, 59
  nitrique 15
  sulfurique 37, 59
Acier 22, *22,* 26
Aéroport 72, 78
Agave 102
Aile (aéronautique) 78, *78*
Aile (zoologie) 104, *104*
Aimant 27, 44, 52, 58, *58,* 60, *60*
Air 15, 17, 26, 45, 57, 68, 78, 82, 86, 88, 114
  comprimé 32, 77, 81
  liquide 26, *26*
Ajonc 101
Alcool 112
  coloré 72
  méthylique 24
Alimentation 13, 15, *15,* 112
Alumine 30
Alvéole (zoologie) 109, *109*
Amibe 104, *104*
Amidon 98
Amortisseur 83
Amplificateur 44, 51, 52
Ampoule 18, 23
  électrique 18, *18,* 21
Anche 42
Animaux 98-109
Anneau (botanique) 100, *100*
Anneau (zoologie) 104, *104*
Antenne (technologie) 20, *20,* 54, 55, *55,* 56, 72, 85, 88, 91
Apollo 90, 91, *91*
  15 91
Araignée d'eau 70
Arbre (botanique) 99, 100, *100,* 101, *101,* 103
Arbre (technologie) 81
  de transmission 82
Argile 30, 32, 33, 35, 46
Armérie 103
Ascenseur 37, *37*
Asphalte 32
Aspirateur 17, *17*
Assimilation chlorophyllienne v. Photosynthèse
Aster
  des Alpes 102
  maritime 103
Astronaute 88, *88,* 89, *89,* 90, 91, *91*
Astronautique 86, *86,* 87, *87,* 88, *88,* 89, *89,* 90, *90,* 91, *91,* 92, *92,* 93, *93*
Astronomie 84, 85, 93
Atlantique, océan 95
Atmosphère 87, 88, 93, 95
Atome 46, 58, 64, 65, *65,* 66, 73, 75
Aubépine 103
Aubier 100, *100*
Autocuiseur 13, *13*
Automobile 20, 21, 32, 33, *33,* 59, 71, 82, *82,* 83, *83*
Aveugles 73
Avion 25, 71, 72, 75, *75,* 78, *78,* 79, *79, 81,* 95, 104
  -fusée 87
  à réaction 79
Axe de déclinaison 85
Azote 18, 26

B
Bactérie 12, 13
Balance (physique) 11, *11*
  électronique 11
Ballast 81
Balle 74
Ballon 95
Bambou 14
Bande magnétique 51, 53, 56, 62, 85, 94
Baratte 14
Barrage 12, 29, 30, 33, *33*
  -poids 33
Basson 42
Bateau v. Navire et navigation
Bâtonnet 106
Batterie 58, 81, 89, 94
  d'automobile 59, *59*
Bébé 118, *118,* 119, *119*
  -éprouvette 119
Béton 30, *30,* 32
  armé 30, 33
Bétonnière 30
Betterave sucrière 14
Beurre 14, *14*
Bicarbonate
  de sodium 15
  de soude 37
Biceps 115
Bielle 76, 82
Bile 112
Binaire, code 63
Bitume 32
Blé 15
Bobinage 59, 60, 69
Bœuf 34
Bois (botanique) 38, 100, *100*
Bois (musique) 42, *42*
Boisson 15
Boîte
  de conserve 15, *15*
  de vitesse 82, *82*
Bombe
  aérosol 17, *17*
  atomique 64, 75, *75*
  chimique 75
  à hydrogène 75, *75*
Bouche v. Goût
Bouclier thermique 25, 87
Bouilloire 73
Boussole 71, 94
Bouteille 15, 23
  de plongée 57, *57*
  thermos 13, *13*
Branchie 107, 108
Brique 35
Bronze 81
Buglosse 103

Buisson créosote 102
Bulle (physique) 15, *15*
Burin 46
Butane 24

C
Câble 37, 55
Cachalot 107, *107*
Cactus 102, *102,* 103
Cal 113
Calcaire 12, 22, 23, 30
Calculatrice 40, *40,* 61
Calmar 105, *105*
Caméra 50, *50,* 73
de télévision 54, *54,* 55, 56, 90, 91
Camion 83
Canal (physiologie) 111
Canal (physique) 54
Cancer (pathologie) 67
Canette 34
Canine 116
Caniveau 13, *13*
Canne à sucre 14
Canon 74, 86, 87
à électrons 56
rayé 74
Caoutchouc 23, *23*
Carbone 22
14 97
Carie 12
Carillon de porte 16, *16,* 60
Cartographie 96
Cartouche 74
Cassette 53, *53*
-vidéo 56
Cataphote 90, 91
Cellule 112, 117
gustative 111
nerveuse 111
photo-électrique v. Posemètre
photo-émettrice 74
solaire 89
Cellulose 38
Centrale
électrique 27, *27,* 29
nucléaire 27, 64
thermique 29
Centrifugeuse 14
Cerveau 110, 111, 115
Cétacés 107
Chaleur 13, 15, 17, 18, 19, 22, 27, 28, 64, 68, 72, 73, 75, 87, 88, 98, 102, 116
Chalumeau 22
Chalut 80
Chalutier 80, *80*
Chameau 109, *109*
Champ magnétique 16, 27, 44, 52, 53, 58, *58,* 60, 69, 92
Charbon 14, 19, 25, 26, *26,* 29
Charbon 103
Chat 106, *106*
Château d'eau 12
Chaudière 19
Chauffage central 19, *19*
Chauve-souris 106
Chaux 23, 30, 34
Chemin de fer 76, *76,* 77, *77*
à crémaillère 76, *76*
à grande vitesse 77, *77*
(v. aussi TGV)
Cheminée 31
Chêne-liège 100
Chenille (zoologie) 108, *108*
Chenillette 90
Chèvre 34
Chèvrefeuille 103
Chlore 12
Chlorophylle 98
Chloroplaste 98
Chrysalide 108, *108*
Cibiste 54, *54*
Cicatrisation 117, *117*
Cil (zoologie) 105, *105,* 107
Ciment 30, *30,* 32, 47
Cinéma 50
Cire 46
Ciseau 46
Clairon 42
Clarinette 42
Clinker 30
Cobalt 22, 23
Cœur 112, 114, *114*
-poumon 115, *115*
Coffrage 30
Coke 22, 26
Colle 38, 39
synthétique 39
Colonne de direction 83
Colorant 26
Compresseur 32
Condensateur 61
Condenseur 69
Cône 106
Congélation 80
Conserverie 15
Continent 95
Contraction (physique) 73
Contrefort 33
Contrepoids 37
Contrôleur aérien 78
Coque (navigation) 80
Cor 42
anglais 42
Cordes, Instruments à 43, *43*
Cordon ombilical 119
Corpuscule tactile 116
Coton 35
Cotylédon 98, *98*
Courant-jet 95
océanique 94, *94*
Courge 103
Couronne 116, *116*
Court-circuit 18
Cracking 25
Craie 30
Crayon 36
optique 51
Crémaillère 76, *76,* 83
Cric 71
Cristal 23, 51, 52, 62, 66
Cristallin 110
Cristallisation 14
Cristaux liquides 40
Cuir 34, *34*
Cuisson 13
Cuivre 23, 58
Cuivre (musique) 42, *42*
Cuscute 101
Cycle menstruel 118, *118*
Cyclone 95, *95*
Cylindre 71, 76, 82

D
Décollage 71
à la verticale 79, *79*
Démolition 31, *31*
Démultiplication 70
Densité 70
Dent 12, 67, 116, *116*
Derrick 24, *24*
Désert 102, *102,* 109, *109*
Dessins animés 51, *51*
Détonateur 74
Deutérium 75
Diamant (zoologie) 108
Diaphragme (acoustique) 51
Diaphragme (optique) 48
Diaphragme (physiologie) 114
Diapositive 49, *49*
Digestion 112, *112*
Dilatation 73
Diode électroluminescente 40
Direction 83, *83*
assistée 83
Disjoncteur 18
Disque 51, *51,* 52, 57
Disquette 62
Donnée (électronique) 62
Drague 94

E
Eau 11, 12, *12,* 13, 15, 19, 27, 28, 29, *29,* 30, 32, 33, 36, 37, 64, 68, *68,* 70, 76, 98, 99, 100, 101, 102, 107, 109
de mer 14, 81, 94, 103
Ébullition 88
Écho 72, 73, 106
Écholocation 106, 107
Éclair 20
Éclairage public 21, *21*
Écorce (botanique) 100, *100*
Écorce (géophysique) 96
Ectoplasme 104
Edelweiss 102, *102*
Égout 13, *13*
Électricité 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 27, *27,* 28, 29, *29,* 41, 44, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, *60,* 61, 62, 64, 77
Électro-aimant 16, 60, *60*
Électrode 57
Électrolyse 51
Électron 54, 55, 56, 58, 67, 69, 74
Électronique 44, 54, 61, 62, 63, *63,* 69, 75, 94
Électrophone 52, *52*
Émail (physiologie) 116
Embrayage 82
Embryon 118, 119
Enclume (physiologie) 111
Encre 36, *36,* 39, 47
Endoplasme 104
Énergie 28, *28*
électrique 89
éolienne 28, *28*
géothermique 28, *28*
marémotrice 29, *29*
nucléaire 64, *64*
solaire 28, *28*
Engin spatial v. Espace et Missile
Engrais 26
Engrenage 82
Enregistrement 51, *51,* 53, 56, 57
Ensouple 34
Entonnoir (zoologie) 105, *105*
Éolienne 28, *28*
Épine 103, *103*
noire 103
Épingle 22
Équilibre 111
Escalator 37, *37*
Espace 84-93
Essence 25, 82
Estomac 112, *112*
Étain 23
Éthylène 25
Étrier (physiologie) 111
Évaporation 99
Everest, mont 88
Excavateur 26
Excrément 112
Explosif 31, 74, *74*
Extincteur 37, *37*

F
Facette (zoologie) 106
Faille sous-marine 95
Faisceau vasculaire 99, *99*
Farine 15
Faucheuse 21
Fer 22, 23, 30, 58, 60
à repasser 17, *17,* 73
Fermeture éclair 34, *34*
Feu 37
Feuille (botanique) 98, *98,* 99, *99,* 102
Feux tricolores 21, *21*
Fibre
naturelle 35
synthétique 35
textile 35, *35*
Fifre 42
Figuier de Barbarie 102, 103
Fil
de chaîne 34
électrique 58, *58,* 59, 60, 73
textile 35
de trame 34
Filet 80
Film 50, *50*
Filon 26
Filtrage 12
Fission 75
Flash 49, *49*
électronique 49
Fleur 109
Flottage 23
Fluor 12
Fluorescence 46
Flûte 42
Fœtus 73, 119
Foie 112, *112*
Fond sous-marin 95, *95*
Fonte 22
Forage 24, *91*
Foreuse 31, 71, 94
Fosse septique 13
Fossile 65, *65,* 97
Foudre 20
Four 15, 23, 26, 30, 35
électrique 11
à gaz 11
à micro-ondes 11, *11*
Fracture 113, *113*
Frein 71, 76, 83, *83*
assisté 83
à disque 83
à main 83
à tambour 83
Fundy, baie de 29
Fusée v. Espace et Missile
Fusible 18, *18*
Fusil 74, *74,* 86
automatique 74
Fusion 75

G
Galaxies 85
Gasole 77
Gaz 17, 19, 21, 22, 26, 64, 74, 76, 82, 88
carbonique 15, 37, 57, 64, 66, 88, 98, 114, 115, 117
inerte 18
naturel 24, *24*
Gel 70
Gemmule 98
Gencive 116
Générateur 27, 28, 29, 58, 77, 81
nucléaire 89, 91
Genou 115, *115*
Gentiane 102
Géologie 97
Geyser 28
Glace 70, *70*
Glande 112, *112*
Globule 117
Gomme 36, *36*
Goudron 26, 32
Goût 111, *111,* 112
Graine 98, 102
Graisses 112
Graphite 36, 64
Gratte-ciel 30, *30*
Gravure 47, *47*
Grenouille 108, *108*
Grue (technologie) *33,* 60
Gui 101, *101*
Guitare 43, 44, *44*
électrique 44, *44*
Gypse 30
Gyrocompas 71, *71*
Gyroscope 71, 87

H
Haricot 98, *98*
Harmonique 42
Harpe 43, *43*
Hautbois 42
Haut fourneau 22, 26

Haut-parleur 44, 51, 52, *52,* 55, 60, 63
Haveuse 26
Hélice
  avion 28, 78
  navire 81, *81*
Hélicoptère 79, *79,* 81
Hélium 75
Hévéa 23
Hologramme 67, *67*
Horloge 16, *16*
Houx 103
Huile 25, 71, 83, 107
Hydrocarbone 26
Hydro-électrique 29, *29*
Hydrogène 22, 26, 75, 86, 95
  liquide 86

I
Iceberg 94
Imprimerie 36, 38, *38,* 39, *39,* 41
Incisive 116
Indien, océan 93
Industrie 33
Insecte 106, *106,* 109, *109*
Insecticides 26
Insonorisation 19, *19*
Intestin 112, *112*
Iris (physiologie) 110, *110*
Islande 95
Isolant 58
Isolation
  acoustique 19, *19*
  thermique 13, *13*
Ivoire (physiologie) 116

J
Japon 77
Jeep lunaire 91, *91*
Joint 47
Jonc 103
Journal 38, *38*
Jumeaux 118, *118*
Jumelles (optique) 84

K
Kaolin 35
Kérosène 25, 86
Krypton 18

L
Lac artificiel 33
Laine 35
Lait 14
Laitier (métallurgie) 22
Lampe-torche 18, *18*
Lancement d'engin spatial 86, *86*
Landsat 96
Langue 111, *111*
Laser 57, *57,* 66, *66,* 67, 75, 90, 91
Latex 23
Lave-vaisselle 11, *11*
Lentille (physiologie) 106
Lentille (physique), 68, 69, 84
  convergente 68
  convexe 68
Leonov, Alexis 89
Levure 15
Liane 103
Liber 100
Liège 19, 100
Lierre 103
Ligne
  de force 58
  latérale 107, *107*
Limaçon (physiologie) 111
Livre 39, *39*
Locomotive 76
  Diesel 77, *77*
  Diesel-électrique 77
  électrique 77
  à vapeur 76, *76*
Loupe 68, *68,* 84
Loutre (technologie) 80
Lumière 18, 20, 21, *21,* 46, 48, 49, 66, *66,* 68, 69, 74, 84, 106, 110
  cohérente 66
  noire 66
  ultraviolette 66
  vitesse de la 66, 90
Luna 90, *90*
Lune 66, 85, 86, 87, 90, *90,* 91, *91*
  exploration de la 90, *90*
Lunette 84, *84,* 85
Lunettes 110
  de visée 74, *74*
Lunokhod 90

M
Machine 22
  à écrire 36, 40, *40,* 41, *41*
  hydraulique 71, *71*
  à imprimer 39
  à laver 10, *10*
  de traitement de texte 41, *41*
Magma 97
Magnésium 49
Magnétisme 53, 58, *58,* 59, 60, 71
Magnétite 58
Magnétophone 50, 53, *53,* 56, 60
Magnétoscope 56, *56*
Maladie 117
Mammifères 106, *106,* 109
Manteau (géophysique) 96
Manteau (zoologie) 105
Marais salant 14, 103, *103*
Marée 29
Mariner 92
Mars (astronomie) 92, *92*
Marteau (physiologie) 111
Marteau (technologie) 46
  piqueur 32, *32*
  pneumatique 32
Masque (électronique) 56, 61
Matrice (technologie) 51
Mazout 19
Médecine 73
Médicament 26
Mélamine 25
Mémoire (électronique) 41, 62
Mer 94
Mercali, Échelle de 96
Mercure (physique) 21, 72
Métal 46, 47, 73, *73,* 85
Métamorphose 108, 108
Météorologie 63, 95
Méthane 24
Métier à tisser 34
Microbe 12, 14, 15, 116, 117
Microphone 19, 51, *51,* 53
Microscope 69, *69*
  électronique 69, *69*
Miel 109
Mine 26
  à ciel ouvert 26
Minerai 22, 96
Minéral 14
Minium 47
Miroir 68, *68,* 69, 84, 85, 93
Missile 25, 26, 75, *75,* 86, *86,* 89, *89*
  antichar 75
  balistique 75
  de croisière 75
Mitochondrie 98
Molaire 116
Molécule 12, 25, 70
Montre 16
  à quartz 62, *62*
Monture équatoriale 85
Mosaïque 47, *47*
Moteur
  d'automobile 82, *82*

Diesel 77, *77,* 81
électrique 17, 21, 33, 37, 59, *59,* 81, 85, 91
à essence 21
-fusée 86, *86*
hydraulique 33
Moulage 46, *46*
Moule 46
Mousse 37
Mouton 34
Muscle 114, *114,* 115, *115*
Musique 42, 43, 44, 45, 52
Myopie 110

N
Nageoire 105
Naissance 118, *118,* 119, *119*
Natation cosmique 89, *89*
Navette (tissage) 34
Navette spatiale 86, 87, 89, 93
lancement 93, *93*
Navire et navigation 22, 71, 72, *72,* 80, *80,* 81, *81,* 94
Nébuleuse du Crabe 85
Nectar 109
Neige carbonique 37
Neptune 92
Neutron 64, 65, 75
Nez v. Olfaction
Nidicole 108
Nidifuge 108
Noir de carbone 36
Noisetier 101
Nombril 119
Nourriture v. Alimentation
Noyau (géophysique) 96
Noyau (physique) 65, 75 (v. aussi Atome)
Nylon 25

O
Objectif (optique) 48, 50, 69, 84, 85
Obturateur 48, 49, 50
Océan 94, *94*
Océanographie 94, *94*
Oculaire 69, 84
Œil (physiologie) 106, 110, *110*
Œil (zoologie) 106, *106*
Offset 39
Oiseaux 101, 104, *104,* 108, *108*
Oléoduc 24
Olfaction 111, *111*
Onde
de choc 74
longueur d' 54, 55, 66
modulée 55
porteuse 55
radar 66
radio 11, 20, 54, *54,* 66, 72, 85, 88
sonore 19, 55, 72, 111
Opercule 107
Orage 20
Orbite 87, 91
Ordinateur 11, 21, 41, 51, 62, *62,* 63, *63,* 80, 91
Oreille 111, *111*
Oreillard 106, *106*
Oreillette 114
Orgue 43, *43*
électrique 43
Orobanche 101
Ortie 101, 103
Os (physiologie) 67, 113, *113*
Ouïe v. Oreille
Ouragan 95
Ovaire (physiologie) 118, *118*
Ovule 118, 119
Oxyde
de fer 58
de plomb 47, 59
Oxygène 18, 22, 26, 49, 57, 81, 88, 98, 107, 114, 115, 117
liquide 86

P
Pain 15, *15*
Pale 79, *79*
Panneau solaire 28, 29
Papier 38, *38,* 40, 41, 47
Papille 111
Papillon 108, *108*
Parachute (aéronautique) 87, 90, 93
Parachute (sport) 57, *57*
-pilote 57
Parachute (technologie) 37
Paraffine 25
Paramécie 105, *105*
Parasitisme 101, *101*
Paratonnerre 20, *20*
Parole, synthèse de la 63
Pasteurisation 14
Peau
animale 34, 45
humaine 10, 66, 116, *116*
Pêche 80
Peinture 33, 36, 47, *47*
antirouille 47
à l'eau 47
phosphorescente 46, *46,* 66
Pelage 34
Pellicule 48
Pendule 16
Pène 16
Percuteur 74
Périscope 69, *69,* 81, *81*
Peroxyde d'azote 86
Pétrole 24, *24,* 25, 29
Phosphorescence 66
Photocopieur 41, *41*
Photographie 39, 41, 48, *48,* 49, 67, 85, 96
Photogravure 61
Photosynthèse 98, 101
Piano 43, 45, *45*
Pigment 47, 49
Pile (ouvrage d'art) 32
Pile (physique) 18, 48, 49, 89
Pioneer 92
Piquant 103, *103*
Piston 32, 71, 76, 82
Planète géante 92, *92*
Plantes 98-109
Plaquette (physiologie) 117
Plasma 117
Plastiques, matières 19, 25, *25,* 26, 35, 51, 53
Plate-forme de forage 24
Plâtre 46
Plomb 23, 59, 74, 97
Plongée sous-marine 57, *57*
Plutonium 75
Pneu 23, *25,* 83
Poil absorbant 99, *99*
Poisson 105, *105,* 106, *106,* 107, *107*
Pôle (géographie) 58, 71
Pôle (physique) 58, 59
Pollen 109
Pollution 17, 96
Polyéthylène 25
Polymère 25
Pompe 19
Pont (navire) 80
Pont (ouvrage d'art) 22, 30
construction 32, *32*
Porc 34
Porcelaine 35
Posemètre 48, *48,* 50
Poste 66
Poterie 35, *35*
Poudre 74
à canon 74
Poulie 70, *70*
Poumon 107, 112, 114, *114,* 115, *115*
Poussière 17
Poussin 108, *108*
Prémolaire 116

Presbytie 110
Presse 38, 71
Pression 88
Pressurisation 88
Prisme 69, 84
Programme (électronique) 62
Projecteur 49, 50, *50*
Prosopis 102
Protéine 109
Proton 64, 65
Pseudopode 104,*104*
Puce (électronique) 61, *61,* 62, 63
Puits 12, 14
Pulpe (physiologie) 116
Pulpe (technologie) 38
Pulsar 85
Pupille 106, 110

Q
Quadriceps 115
Quartz 62
Quasar 85
Quinine 100
Quinquina 100

R
Rachitisme 66
Racine (botanique) 98, 99, *99,* 102
Racine (physiologie) 116, *116*
Radar 72, *72,* 78, 95
Radiateur 19, 73
Radicule 98
Radio 20, 54, 55, *55,* 61, 88
Radioactivité 65, 75, 97
Radiographie 67
Radioscopie 67
Radiosonde 95
Radiotélescope 85, *85*
Raffinage 25
Raffinerie 24, 25
Rafflesia 101
Rail 73, 76
Ranger 90
Rayonnement
  alpha 65
  bêta 65
  infrarouge 66, 96
  ultraviolet 21, 66, *66*
  X 65, 67, *67*
Réacteur 75, 78, 79
  nucléaire 64, *64,* 69, 81
Réaction 86
  en chaîne 64, 75
  nucléaire 64, 75
Réflexe 115
Réfrigérateur 10, *10*
Reins 113, *113*
  artificiels 113, *113*
Reliure 39
Rémige 104
Requin 34, 105
Résine époxy 25
Résistance (électricité) 61
Respiration
  animale 107
  humaine 88, 114
  végéale 98, *98*
Ressorts 17, 22
  hélicoïdaux 83
Rétine 106, 110
Rhinolophe 106, *106*
Richter, échelle de 96
Robot 33, *33*
Roche 24,33, 65, 94, 95
  âge des 97, *97*
  ignée 97
  lunaire 91
  métamorphique 97
  sédimentaire 97
Rochet 16
Ronce 103
Rose 103
Rotative 38
Rotor 59, 71, 79, *79*
Roue
  dentée 37
  à échappement 16
Route 32, *32*
Rubis 66
Ruche 109

S
Sable 23, 30, 46, 61, 92, 97
Salicorne 103
Salive 112
San 88, 112, 113, 114, 115, 117, *117*
Satellite artificiel 54, 55, 87, *87,* 89, 92, 93, 96
Saturne V 86
Saule nain 102
Savon 12, *12*
Saxophone 42
Scaphandre 88, *88*
Schnorchel 81
Sciences 10-75
Sculpture 46, *46*
Sécheresse 102, *102*
Sédiment 94, 97
Seigle 15
Séisme 96, *96*
  artificiel 24
Sel 14, *14*
  gemme 14
Semi-conducteur 61
Serpent 34, 104, *104*
Serre 20, *20,* 28
Serrure 16, *16*
Sève 100, 101
Severn, estuaire de la 29
Silice 30, 61
Silicium 61
Sismographe 96
Sismomètre 24, 91, 96
Skylab 89
Sodium 21
Soleil 20, 28, 66, 75, 85, 87, 89, 98, 109
Son 19, 42, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 72, 73, 88
Sonar 72, *72,* 73, 94, 106
Sonde
  lunaire 90, *90*
  spatiale 54, 86, 87, *87,* 89, 90, 92
Soude 23
Soudure 22, *22,* 33
Sous-marin 69, 72, 75, 81, *81,* 94, *94*
  nucléaire 81
Spacelab 93
Spermatozoïde 119
Spot 96
Statice 103
Station orbitale 93
Statue 46, *46*
Stéréophonie 52, *52*
Stérilisation 15
Stéthoscope 112, *112*
Stomate 99
Strate 97
Studio d'enregistrement 19, 51
Stylo
  à bille 36, *36*
  à encre 36
Suçoir 101
Sucre 14, *14,* 98
Sueur 116
Suie 36
Sulfate de plomb 59
Suspension 83, *83*
Synthétiseur 44, *44*
  de parole 63

T
Tambour 45, *45*
  de machine à laver 10
Tanin 34
Tannage 34

Tapis roulant 31
Technologie 10-75
Teinture 36
Téléphone 19, *19,* 40
Télescope 84, *84,* 85, *85,* 90
  Cassegrain 84
  Newton 84
  spatial 93, *93*
Télescripteur 40, *40*
Télévision 20, 54, 55, *55,* 56, *56,* 61
Télex 40
Température v. Chaleur
Tension
  électrique 60
  superficielle 70
Terre 28, *28,* 58, 66, 85, 86, 87, 91, 93, 94-97
Têtard 108, *108*
Tétrodon 105
Textile 35, *35*
TGV (Train à Grande Vitesse) 77
Thermomètre 72, *72*
  à cristaux liquides 72
  électronique 72
Thermostat 17, 19, 73, *73*
Tige (botanique) 99, *99,* 100
Timbale 45
Tissage 34, *34*
Tissu 19, 34
Tondeuse à gazon 21, *21*
Toucher 116
Tour (poterie) 35
Tour de contrôle 78, *78*
Tournesol 98
Trachée 114
Tracteur 21
Trafic arien 78, *78*
Train v. Chemin de fer
Transformateur 27, 60, *60*
Transistor 55, 61, 61
Transpiration (botanique) 99, *99*
Transport 76-83
Tremblement de terre v. Séisme
Trépan 24
Triceps 115
Tritium 75
Trombone 42
Trompe (physiologie) 118, *118*
Trompette 42
Tuba 42
Tube électronique 54, 56
Tuile 35
  réfractaire 87
Tungstène 18
Tunnel 31, *31*
Turbine 27, 29, 64
Tuyau 23
Tympan 111
Typhon 95

U
Ultrason 73, *73,* 106
Univers 93
Uranium 27, 64, 75, 97
  235 64
  238 97
Uranus 92
Urine 113
Usine marémotrice 29
Utérus 118, *118,* 119

V
Vache 14, 34
Vaisseau spatial 87, *87,* 88, 89
Vaisselle 11
Vanadium 22
Vapeur 10, 13, 17, 27, 28, 37, 64, 76
Vent 28, 95, *95,* 99
Ventricule 114
Vernis 35, 47
Verre 20, 23, *23,* 28, 47, 68
Vesce 103
Vessie 113
  natatoire 105
Vidéodisque 57, *57*
Vielle 43
Vigne 103
Viking 92
Vinyl 25
Violon 43
Vision v. Œil (physiologie)
Vitamine 66
Vitre 23
Volant 83, *83*
Volcanisme 28
Voltage 27, 60
Voyager 92
VTOL 79

X
Xérographie 41

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

Pages : 14 Zefa, 19 Picturepoint, 20, 21, 23 & 31 J. Allan Cash, 33 Fiat, 34 J. Allan Cash, 38 Zefa, 41 Rank Xerox, 42 Zefa, 44 Rose-Morris & Co. Ltd., 47 Michael Holford, 54 David Oliver, 57 J. Allan Cash, 61 Ferranti, 63 B.S.C., 65 Pat Morris, 66 H Bell Inc., 66 B California Institute of Technology, 70 Heather Angel, 73 Zefa, 77 J. Allan Cash, 78 Zefa, 80 Zefa, 85 National Radio Astronomy, 89 Nasa, 93 Nasa, 95 H Meteorological Office, 95 M Nasa, 96 Nasa, 106 Zefa, 116 Picturepoint.

Recherche iconographique : Penny Warm et Jackie Cookson.

Loi n° 49-956 du 16 juillet 1949
sur les publications destinées à la jeunesse – Dépôt légal 02.91

Imprimé par Maury-Imprimeur S.A. – 45330 Malesherbes
Dépôt légal n° 1788-02-91
ISBN 2-01-008961-8
29-23-0299-08

Imprimé en France

29/0299/7
91-II

DIS COMMENT ÇA MARCHE ?

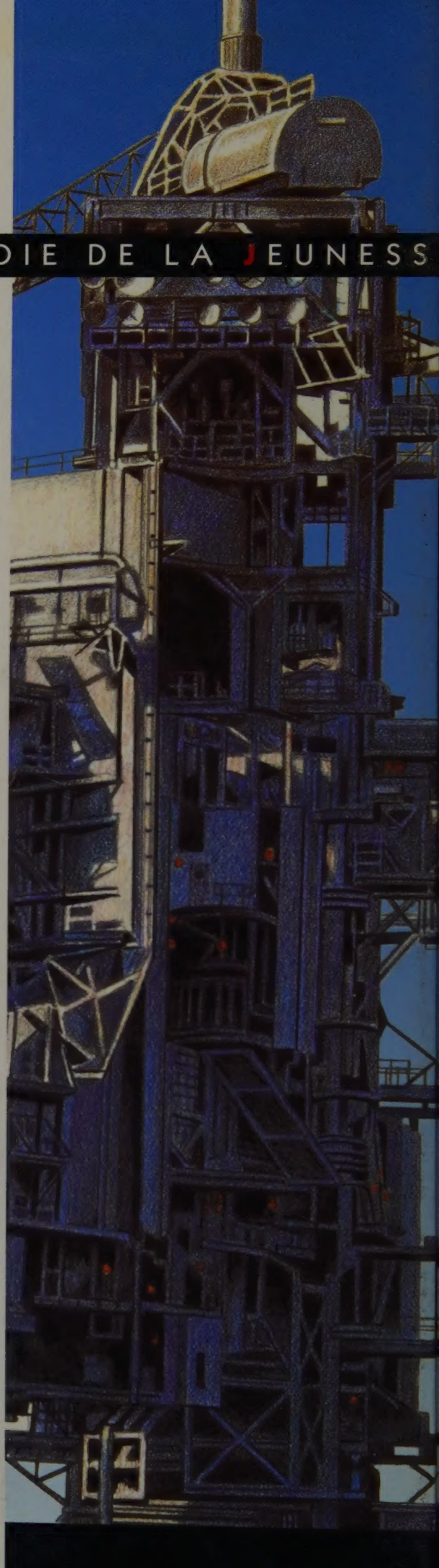
LA NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE DE LA JEUNESSE

300 questions-réponses pour comprendre comment fonctionnent ces appareils qui nous entourent, tels le téléphone, le réfrigérateur, le téléviseur... ou encore ces machines destinées à aller toujours plus loin et toujours plus vite... On découvrira également ici des "machines" non moins prestigieuses, telles le corps humain, les délicats mécanismes de l'aile d'un oiseau et bon nombre de phénomènes dont la science, peu à peu, s'efforce de percer les mystères.

Comment fonctionne un poste de télévision ? Qu'est-ce qu'un hologramme ? Comment fait-on des dessins animés ? Comment volent les avions, les hélicoptères, les oiseaux ?...

Dans la même collection

C'ÉTAIT QUAND ? ■ OÙ EST-CE ? ■ QUI EST-CE ? ■ QU'EST-CE QUE C'EST ? ■ DIS, POURQUOI ? ■ DIS-MOI COMMENT ? ■



9 782010 181177

29-1134/5
IX 91

Maquette et illustrations : Hervé Brouant
Imprimé en France - Sud Offset - 94 Rungis